



SKRIPSI

**STUDI ADSORPSI *REMAZOL YELLOW FG*  
DENGAN MENGGUNAKAN ADSORBEN  
SELULOSA BAKTERIAL *NATA DE COCO***

LAILATUL MAGHFIROH  
NRP 1412 100 701

Dosen Pembimbing  
Dra. Ita Ulfin, M.Si  
Dr. Hendro Juwono, M.Si

JURUSAN KIMIA  
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2016



**SCRIPT**

**STUDY ON REMAZOL YELLOW FG  
ADSORPTION USING NATA DE COCO  
BACTERIAL CELLULOSE AS ADSORBENT**

**LAILATUL MAGHFIROH  
NRP 1412 100 701**

**Advisor Lecturer  
Dra. Ita Ulfin, M.Si  
Dr. Hendro Juwono, M.Si**

**CHEMISTRY DEPARTMENT  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Tenth of November Institute of Technology  
Surabaya  
2016**

## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI ADSORPSI *REMAZOL YELLOW FG* DENGAN MENGUNAKAN ADSORBEN SELULOSA BAKTERIAL *NATA DE COCO*

SKRIPSI

Disusun oleh :

LAILATUL MAGHFIROH  
NRP 1412 100 701

SURABAYA, 18 Juli 2016

Disetujui oleh,

Pembimbing I  
TUGAS AKHIR

Dra. Ita Ulfan, M.Si

NIP. 19650426 198903 2 002

Pembimbing II  
TUGAS AKHIR

Dr. Hendro Juwono, M.Si

NIP. 19610606 198803 1 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Kimia,

Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc.

NIP. 19710616 199703 1 002



# **STUDI ADSORPSI REMAZOL YELLOW FG DENGAN MENGGUNAKAN ADSORBEN SELULOSA BAKTERIAL *NATA DE COCO***

**Nama** : Lailatul Maghfiroh  
**NRP** : 1412 100 701  
**Jurusan** : Kimia FMIPA  
**Pembimbing** : Dra. Ita Ulfin, M.Si  
Dr. Hendro Juwono, M.Si

## **Abstrak**

Adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* telah dilakukan. Adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dibuat dari *nata de coco* kering yang telah dihaluskan dan lolos ayakan 30 - 40 mesh. Adsorpsi dilakukan dengan metode ruah/*batch* dengan variasi pH, dosis adsorben, waktu kontak, dan konsentrasi adsorbat. Dari hasil percobaan diperoleh kondisi optimum adsorpsi pada pH 2, dosis adsorben 0,1000 g, waktu kontak 60 menit dan konsentrasi awal larutan 1509,085 mg/L dengan kapasitas adsorpsi sebesar 44,357 mg/g. Kinetika adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* mengikuti model kinetika orde satu ( $K = 0,0564$ ), serta adsorpsi isotermalnya mengikuti persamaan isotermal Langmuir dengan nilai  $K_L = 43,860$  L/mg dan  $b$  sebesar 0,056 mg/g. Penelitian adsorpsi *Remazol Yellow FG* dalam limbah batik tulis oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* juga telah dilakukan pada kondisi adsorpsi optimum dan didapatkan hasil prosentase adsorpsi sebesar 26,506% dan kapasitas adsorpsi sebesar 44,161 mg/g.

**Kata Kunci** : Adsorpsi, Kapasitas Adsorpsi, *Nata de Coco*, *Remazol Yellow FG*, Selulosa Bakterial.

# STUDY ON REMAZOL YELLOW FG ADSORPTION USING NATA DE COCO BACTERIAL CELLULOSE AS ADSORBENT

**Name** : Lailatul Maghfiroh  
**NRP** : 1412 100 701  
**Department** : Kimia FMIPA  
**Advisor Lecturer** : Dra. Ita Ulfan, M.Si  
Dr. Hendro Juwono, M.Si

## Abstract

Adsorption of *Remazol Yellow FG* using *nata de coco* bacterial cellulose as adsorbent has been done. *Nata de coco* bacterial cellulose as adsorbent was made from dry *nata de coco* that has been mashed and pass 30-40 mess sieve. Adsorption was done using implementing batch method with various of specified pH, adsorbent dosage, contact time, and adsorbat concentration. Based on the result of the study, the optimum condition of adsorption were pH 2; 0,1000 g of adsorbent dosage; 60 minutes of contact time, and 1509,085 mg/L of initial solvent concentration with 44,356 mg/g adsorption capacity. The kinetic adsorption of *Remazol Yellow FG* that performed by *nata de coco* bacterial cellulose as adsorbent was following first order kinetics model ( $K = 0,0564$ ). The isothermal adsorption was following Langmuir isothermal equation with  $K_L = 43,860$  L/mg and  $b = 0,056$  mg/g. The adsorption study of *Remazol Yellow FG* on written batik waste using *nata de coco* bacterial cellulose as adsorbent has also been done on optimum adsorption condition that was resulting 26,506% on adsorption percentage and 44,161 mg/g on adsorption capacity.

**Keywords:** Adsorption, Adsorption capacity, *Nata de coco*, *Remazol Yellow FG*, Bacterial cellulose.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	7
2.1 <i>Nata de coco</i> .....	7
2.1.1 Karakterisasi <i>Nata de coco</i> .....	11
2.1.1.1 Kadar Air <i>Nata de coco</i> .....	11
2.1.1.2 Gugus Fungsi Adsorben <i>Nata de coco</i> .....	11
2.2 Zat Warna.....	12
2.2.1 <i>Remazol Yellow FG</i> .....	14
2.3 Adsorpsi .....	14
2.3.1 Adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> .....	15
2.3.2 Penggunaan Adsorben <i>Nata de coco</i> .....	15
2.3.3 Jenis-Jenis Adsorpsi .....	15
2.3.3.1 Adsorpsi Fisis (Fisisorpsi) .....	15
2.3.3.2 Adsorpsi Kimia (Kemisorpsi).....	15
2.3.4 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi .....	17
2.4 Adsorpsi Isotermal .....	19
2.4.1 Adsorpsi Isotermal Langmuir .....	19
2.4.2 Adsorpsi Isotermal Freundlich .....	20
2.5 Kinetika Adsorpsi.....	20
2.5.1. Model Kinetika Orde Satu .....	20
2.5.2 Model Kinetika Orde Dua .....	20

2.5.3 Model Orde Satu Semu .....	21
2.5.4 Model Orde Dua Semu .....	21
2.5.5 Model Kinetika Adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> .....	22
2.6 Spektrofotometer UV-Vis.....	23
2.7 Spektrofotometri Inframerah Transformasi Fourier .....	26
2.9 Metode BET .....	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	31
3.1 Alat dan Bahan .....	31
3.2 Prosedur Kerja.....	31
3.2.1 Pembuatan Adsorben <i>Nata de coco</i> .....	31
3.2.2 Karakterisasi Adsorben.....	32
3.2.3. Pembuatan Larutan Induk <i>Remazol Yellow FG</i> 100 mg/L	32
3.2.4 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum ( $\lambda_{\max}$ ) <i>Remazol Yellow FG</i> .....	32
3.2.5 Pembuatan Kurva Kalibrasi <i>Remazol Yellow FG</i> .....	32
3.2.6 Adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> .....	33
3.2.7 Kinetika Adsorpsi.....	35
3.2.8 Adsorpsi Isotermal .....	35
3.2.9 Adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> dalam Limbah Batik .....	35
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	37
4.1 Pembuatan Adsorben Selulosa Bakterial <i>Nata de coco</i> .....	37
4.2 Karakterisasi Adsorben <i>Nata de coco</i> .....	39
4.2.1 Kadar Air Adsorben <i>Nata de coco</i> .....	39
4.2.2 Identifikasi Gugus Fungsi.....	39
4.2.3 Analisa Luas Permukaan, Diameter dan Volume Pori.....	41
4.3 Hasil Adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> .....	42
4.3.1 Variasi pH Larutan <i>Remazol Yellow FG</i> .....	42
4.3.2 Variasi Dosis Selulosa Bakterial <i>Nata de coco</i> .....	48
4.3.3 Variasi Waktu Kontak .....	51
4.3.4 Variasi Konsentrasi Larutan <i>Remazol Yellow FG</i> .....	53
4.4 Kinetika Adsorpsi.....	55
4.5 Adsorpsi Isotermal .....	58
4.6 Adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> dalam Limbah Batik Tulis ....	62
<b>BAB V KESIMPULAN</b> .....	65
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	65

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>77</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>123</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hasil analisis komponen <i>nata de coco</i> .....	10
Tabel 2.2. Jenis – jenis gugus kromofor .....	12
Tabel 2.3. Parameter adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia .....	17
Tabel 2.4. Pelarut yang umum digunakan untuk daerah UV-Vis	24
Tabel 4.1. Karakterisasi spektra FTIR pada adsorben selulosa bakterial <i>nata de coco</i> sebelum dan sesudah adsorpsi .....	40
Tabel 4.2. Hasil adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> oleh adsorben selulosa bakterial <i>nata de coco</i> dengan variasi pH adsorbat .....	43
Tabel 4.3. Hasil adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> dengan adsorben selulosa bakterial <i>nata de coco</i> pada variasi dosis adsorben .....	49
Tabel 4.4. Hasil adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> dengan adsorben selulosa bakterial <i>nata de coco</i> pada variasi waktu kontak .....	52
Tabel 4.5. Hasil adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> dengan adsorben selulosa bakterial <i>nata de coco</i> pada variasi konsentrasi .....	54
Tabel 4.6. Perbandingan $R^2$ dan konstanta masing-masing orde reaksi.....	58
Tabel 4.7. Perbandingan $R^2$ dan konstanta isothermal Freundlich dan Langmuir .....	60
Tabel 4.8. Hasil analisis <i>Remazol Yellow FG</i> dalam limbah batik tulis .....	64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Nata de coco</i> .....	7
Gambar 2.2. Reaksi pembentukan selulosa bakterial .....	9
Gambar 2.3. Ikatan hidrogen pada rantai selulosa .....	9
Gambar 2.4. FTIR <i>nata de coco</i> .....	11
Gambar 2.5. Struktur kimia <i>Remazol Yellow FG</i> .....	14
Gambar 2.6. Diagram skematis spektrofotometer UV-Vis .....	25
Gambar 2.7. Skema Instrument FTIR .....	28
Gambar 4.1. A. Lembaran <i>nata de coco</i> .....	38
Gambar 4.1. B. Serbuk adsorben selulosa bakterial <i>nata de coco</i> .....	38
Gambar 4.2. Spektra FTIR selulosa bakterial <i>nata de coco</i> sebelum dan setelah adsorpsi .....	39
Gambar 4.3. Penampang lintang <i>Remazol Yellow FG</i> .....	41
Gambar 4.4. Kurva variasi pH larutan <i>Remazol Yellow FG</i> .....	43
Gambar 4.5. Deprotonasi <i>Remazol Yellow FG</i> .....	44
Gambar 4.6. Protonasi permukaan adsorben selulosa bakterial <i>nata de coco</i> .....	45
Gambar 4.7. Interaksi <i>Remazol Yellow FG</i> dengan adsorben selulosa bakterial <i>nata de coco</i> .....	46
Gambar 4.8. Kurva variasi dosis adsorben terhadap prosentase adsorpsi .....	49
Gambar 4.9. Filtrat hasil adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> oleh adsorben selulosa bakterial <i>nata de coco</i> pada variasi dosis adsorben .....	51
Gambar 4.10. Kurva variasi waktu kontak terhadap prosentase adsorpsi .....	52
Gambar 4.11. Kurva variasi konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi .....	54
Gambar 4.12. Kinetika orde satu adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> dengan adsorben <i>nata de coco</i> .....	56
Gambar 4.13. Kinetika orde dua adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> dengan adsorben <i>nata de coco</i> .....	56
Gambar 4.14. Kinetika orde satu semu adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> dengan adsorben <i>nata de coco</i> .....	57

Gambar 4.15. Kinetika orde dua semu adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> dengan adsorben <i>nata de coco</i> .....	57
Gambar 4.16. Adsorpsi isothermal Freundlich dari adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> dengan adsorben <i>nata de coco</i>	59
Gambar 4.17. Adsorpsi isothermal Langmuir dari adsorpsi <i>Remazol Yellow FG</i> dengan adsorben <i>nata de coco</i>	60

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Skema Kerja .....	77
Lampiran B. Pembuatan Larutan .....	79
Lampiran C. Panjang Gelombang Maksimum .....	82
Lampiran D. Kurva Kalibrasi .....	84
Lampiran E. Analisa Data Hasil Adsorpsi .....	86
Lampiran F. Kinetika Adsorpsi .....	101
Lampiran G. Penentuan Waktu Kesetimbangan Adsorpsi .....	107
Lampiran H. Penentuan Konsentrasi Kesetimbangan Adsorpsi .....	110
Lampiran I. Adsorpsi Isotermal .....	113
Lampiran J. Analisa <i>Remazol Yellow FG</i> dalam Limbah Batik Tulis .....	117
Lampiran K. Karakterisasi Adsorben <i>Nata de coco</i> .....	118

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri tekstil di Indonesia beberapa tahun ini mengalami perkembangan yang cukup pesat. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistika Indonesia pada tahun 2012, 2013 dan 2014 tercatat jumlah industri tekstil baik skala kecil maupun menengah di Indonesia berturut-turut adalah sebanyak 207.157 industri, 293.039 industri, dan 303.397 industri. Perkembangan industri tersebut salah satunya dipengaruhi oleh semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang ada di Indonesia.

Peningkatan berbagai macam industri tekstil selain memberikan dampak positif karena dapat meningkatkan perekonomian masyarakat ternyata juga dapat memberikan dampak yang negatif. Salah satu contoh dampak negatif dari industri tekstil adalah terciptanya polutan berupa limbah cair yang merupakan hasil samping dari aktivitas industri tekstil (Krim et al., 2006).

Peningkatan jumlah industri tekstil sering kali tidak diiringi dengan adanya upaya untuk mengolah limbah yang dihasilkan sebelum dibuang ke lingkungan, padahal limbah cair yang dihasilkan sebagian besar mengandung zat warna yang dapat memberikan masalah bagi lingkungan karena sifatnya yang tidak mudah terdegradasi dan memiliki resistensi terhadap pengaruh lingkungan seperti efek pH, suhu dan mikroba (Albanis et al., 2000).

Salah satu jenis zat warna sintetis yang banyak digunakan dalam industri batik adalah Remazol, karena sifatnya yang mudah larut dalam air dan tidak terdegradasi pada kondisi aerob biasa (Pavlostathis, 2001). Zat warna ini merupakan senyawa golongan azo. Hasil pewarnaan pada industri tekstil akan menyisakan sekitar 15-20% zat warna yang berada pada air buangan yang akhirnya akan masuk ke lingkungan sekitarnya (Chatterjee et al., 2008). Menurut Qodri (2011), zat warna Remazol memiliki ketahanan terhadap pengaruh lingkungan seperti pH, suhu dan

mikroba. Oleh karena itu limbah yang dihasilkan sangat berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

*Remazol Yellow FG* merupakan salah satu contoh dari zat warna jenis Remazol yang menjadi pilihan karena dipandang cukup mewakili zat warna industri tekstil. Selain itu, gugus kromofor dari *Remazol Yellow FG* sangat mudah memberikan warna-warna yang cerah dan tahan uji. Keberadaan *Remazol Yellow FG* di lingkungan dapat mengalami fotodegradasi secara alami dengan bantuan sinar UV yang berasal dari cahaya matahari, akan tetapi proses fotodegradasi tersebut berjalan relatif lambat disebabkan karena intensitas sinar UV yang sampai ke permukaan bumi relatif rendah. Akibatnya, akumulasi *Remazol Yellow FG* di dasar perairan atau tanah lebih cepat terjadi (Lacheb et al., 2002).

Pengolahan air limbah dengan metode kimia ataupun fisika dengan penambahan bahan-bahan kimia telah banyak dilakukan seperti koagulasi, presipitasi, reaksi oksidasi dengan menggunakan ozon, dan ultrafiltrasi. Akan tetapi kekurangan dari metode - metode tersebut adalah membutuhkan biaya yang cukup tinggi, menghasilkan limbah baru, dan aplikasinya yang terbatas (Chen et al., 1999). Sebagai alternatif, dilakukan banyak penelitian tentang pengolahan limbah cair dengan menggunakan bahan alam untuk menurunkan biaya, mengurangi terbentuknya lumpur yang dapat menimbulkan limbah baru, dan membuat suatu bahan yang ramah lingkungan.

Adsorpsi merupakan salah satu metode pengolahan limbah cair yang cukup efektif untuk digunakan (Yagub et al., 2014). Berbagai variasi adsorben telah banyak dilakukan seperti penggunaan karbon aktif untuk adsorpsi limbah yang mengandung zat warna *C.I. Reactive Blue 19* (Mezohegyi et al., 2012; Ahmad et al., 2012), magnetik nanopartikel untuk adsorpsi limbah yang mengandung zat warna *Remazol Red 198* (RR198) (Demarchi et al., 2015), dan biosorben (Hassani et al., 2014; Magriotis et al., 2014) untuk menguji keefektifan dari metode tersebut.

Jenis adsorben yang banyak diteliti sebagai adsorben alternatif agar mampu bersaing dengan adsorben komersial seperti karbon aktif adalah biosorben. Biosorben merupakan adsorben yang berasal dari bahan-bahan alam (Iqbal and Saeed, 2007). Salah satu contoh bahan alam yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah selulosa bakterial *nata de coco*. Beberapa penelitian sebelumnya telah menggunakan selulosa bakterial *nata de coco* sebagai adsorben untuk proses adsorpsi logam  $\text{Cr}^{3+}$  (Afrizal, 2007), kation  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  (Sulistiyana, 2011), dan ion logam berat  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  (Lailiyah, 2013).

Contoh penelitian tentang adsorpsi zat warna yang telah dilakukan adalah dengan menggunakan adsorben kulit biji palem/*Palm Kernel Shell Activated Carbon* (PKS-AC). Kulit biji palem yang akan digunakan sebagai adsorben dikarbonasi dan dijadikan bentuk granula dengan ukuran 8-15 mm. Selanjutnya adsorben yang terbentuk digunakan untuk proses adsorpsi zat warna *Remazol Black 5* dengan metode ruah/*batch*. Hasil adsorpsi maksimum diperoleh pada kondisi pH adsorbat 2 dengan kapasitas adsorpsi yang dihasilkan sebesar 27,44 mg/g (Zawani et al., 2009). Meskipun biji palem ini memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi, akan tetapi adsorben ini kurang dapat diterapkan di Indonesia karena keberadaan pohon palem yang tidak mudah ditemui dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan uraian sebelumnya, diketahui bahwa penelitian tentang penggunaan selulosa bakterial *nata de coco* sebagai adsorben zat warna belum banyak dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari lebih lanjut terkait penggunaan selulosa bakterial *nata de coco* sebagai adsorben dalam adsorpsi zat warna (*Remazol Yellow FG*).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik adsorben selulosa bakterial *nata de coco*;
2. Bagaimana kondisi optimum dari adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben selulosa bakterial *nata de*

*coco* yang meliputi pH adsorbat, dosis adsorben, waktu kontak, dan konsentrasi adsorbat;

3. Bagaimana model kinetika dan isothermal adsorpsi yang sesuai;
4. Bagaimana kapasitas adsorpsi adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dalam mengadsorpsi limbah batik tulis yang salah satunya mengandung *Remazol Yellow FG*.

### 1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan dibatasi pada:

1. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah zat warna *Remazol Yellow FG* komersial dari “Griya Batik Tulis Podo Tresno” di desa Sendangagung Paciran Lamongan.
2. Proses adsorpsi dalam penelitian ini dilakukan dengan metode ruah/*batch*.
3. Variasi pH adsorbat dilakukan pada pH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10
4. Variasi dosis adsorben dilakukan pada massa 0,0100; 0,0500; 0,1000; 0,1500; 0,2000; 0,2500; dan 0,3000 gram.
5. Variasi waktu kontak dilakukan pada 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 menit.
6. Variasi konsentrasi adsorbat dilakukan pada 100, 200, 300, 400, 500, 750, 1000, dan 1500 mg/L.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mempelajari adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben selulosa bakterial *nata de coco*.

### 1.5 Manfaat

Penelitian ini memberikan informasi terkait:

1. kemampuan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dalam mengadsorpsi zat warna tekstil (*Remazol Yellow FG*) dengan pengaruh pH, dosis adsorben, waktu kontak dan konsentrasi adsorbat, sehingga dapat digunakan dalam upaya pengurangan dampak pencemaran lingkungan akibat limbah cair industri tekstil yang memiliki kadar warna yang tinggi.



## 2. Pengembangan ilmu pengetahuan.

***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Nata de coco**

*Nata de coco* merupakan hasil fermentasi *Acetobacter xylinum* dalam media air kelapa yang diperkaya dengan karbon dan nitrogen melalui proses yang terkontrol. Dalam kondisi terkontrol, bakteri *A. xylinum* menghasilkan enzim yang dapat dikompilasi menjadi serat selulosa. Jutaan biomassa yang tumbuh di air kelapa akan menghasilkan jutaan potongan benang selulosa padat berwarna putih dan transparan yang disebut nata seperti digambarkan pada Gambar 2.1 (Darmawan and Pradipta, 2015).



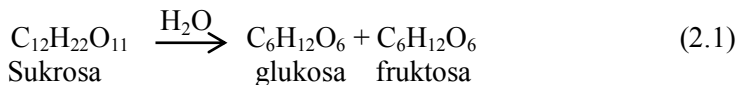
Gambar 2.1. *Nata de coco*

Fermentasi merupakan pengolahan substrat menggunakan peranan mikroba (jasad renik) sehingga dihasilkan produk yang dikehendaki. Bakteri *A. xylinum* akan beradaptasi dengan lingkungan (media) selama 3 hari. Tanda awal tumbuhnya *A. xylinum* dapat dilihat dari keruhnya media cair setelah difermentasi selama 24 jam pada suhu kamar. Lapisan tipis yang tembus cahaya mulai terbentuk di permukaan media dan cairan di bawahnya menjadi semakin jernih setelah difermentasi selama 36-48 jam (Saragih, 2004).

Air kelapa mengandung berbagai nutrisi seperti gula sukrosa 2,61% (USDA *National Nutrient Database for Research*, 2004), dekstrosa, fruktosa, serta vitamin B kompleks yang terdiri dari asam nikotinat, asam pantotenat, biotin, riboflavin, dan asam folat. Nutrisi ini sangat berguna untuk pertumbuhan *A. xylinum* (Warisno, 2004).

Gula sukrosa yang terdapat dalam air kelapa akan dimanfaatkan oleh bakteri *A. xylinum* sebagai sumber energi dan sumber karbon untuk membentuk senyawa metabolit selulosa yang membentuk *nata de coco* (Warisno, 2004). Senyawa pendukung pertumbuhan mikroba (*growth promoting factor*) akan membantu meningkatkan pertumbuhan mikroba, sedangkan mineral substrat lain berfungsi untuk membantu meningkatkan aktifitas enzim kinase dalam metabolisme di dalam sel *A. xylinum* untuk menghasilkan selulosa (Misgiyarta, 2007).

Bakteri *A. xylinum* dapat membentuk *nata de coco* apabila ditambahkan dalam air kelapa yang sudah diperkaya dengan Karbon (C), Hidrogen (H), dan Nitrogen (N) melalui proses yang terkontrol (Pambayun, 2002). *A. xylinum* akan memecah sukrosa ekstraseluler menjadi glukosa dan fruktosa ketika ditumbuhkan pada media yang kaya akan sukrosa dengan reaksi sebagai berikut:

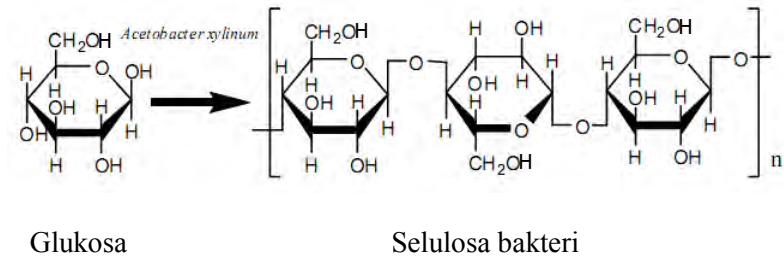


(Sulistiyana, 2011).

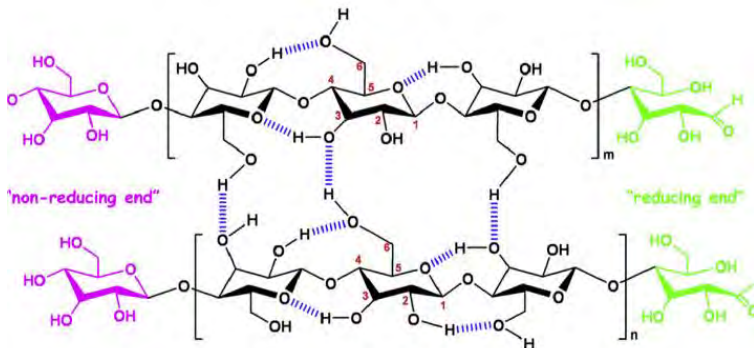
Secara umum reaksi terbentuknya selulosa dari glukosa dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Dilihat dari strukturnya, selulosa dapat membentuk ikatan antar gugus hidroksilnya pada rantai selulosa. Ikatan tersebut adalah ikatan hidrogen yang terbentuk antara atom hidrogen dengan atom lain yang lebih elektronegatif. Selulosa memiliki ikatan hidrogen yang kuat, sehingga menyebabkan selulosa tidak

larut dalam air (Misgiyarta, 2007). Gambar 2.3 menunjukkan ikatan hidrogen yang terbentuk pada rantai selulosa.



Gambar 2.2. Reaksi pembentukan selulosa bakterial (Sulistiyan, 2011).



Gambar 2.3. Ikatan hidrogen ( ) pada rantai selulosa (Misgiyarta, 2007).

Standar kualitas *nata de coco* hingga saat ini belum ada, namun secara umum *nata de coco* yang dikehendaki adalah yang memiliki rendemen tinggi, berstruktur agak kenyal, berwarna putih bersih dan berdaya simpan tinggi. Hasil analisis rata-rata komponen *nata de coco* yang dilakukan oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) (2007) sebagaimana terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Hasil analisis komponen *nata de coco*

Uraian	Teknologi Petani	Teknologi Anjuran
Rendemen (%)	56,61	90,20
Ketebalan (cm)	2,2	2,5
Kadar air (%)	74,58	80,02
Total Karbohidrat (%)	24,42	19,35
Total lemak (%)	0,11	0
Total protein (%)	0,01	0
Serat (%)	0,28	0,23
Kadar abu (%)	0,54	0,31
Kalsium (%)	0,006	0,09
Total mikroba (%)	$4,5 \times 10^2$	$2 \times 10^2$

Sumber : Data hasil analisis Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) tahun 2007.

### 2.1.1 Karakterisasi *Nata de coco*

#### 2.1.1.1 Kadar Air *Nata de coco*

Kadar air merupakan prosentase kandungan air dalam suatu bahan. Kadar air dapat dinyatakan dalam prosentase berat bahan basah (*wet basis*) maupun berat bahan kering (*dry basis*). Kadar air basah dapat dinyatakan dengan persamaan 2.2.

$$M (\%) = \frac{W_m}{W_m + W_d} \times 100\% \quad (2.2)$$

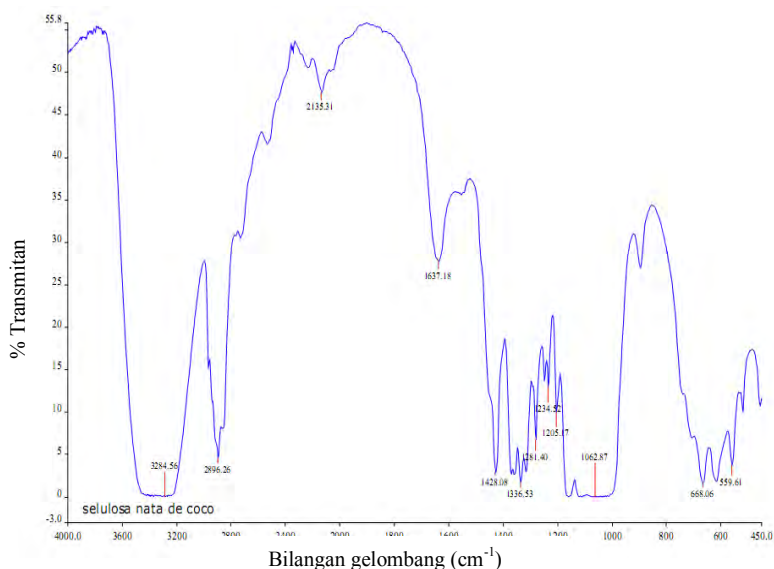
Sedangkan untuk kadar air kering dapat dinyatakan dengan persamaan 2.3.

$$M (\%) = \frac{W_m}{W_d} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana M (%) merupakan kadar air,  $W_m$  (gram) merupakan berat bahan basah, dan  $W_d$  (gram) merupakan berat bahan kering mutlak. Penentuan kadar air dapat dilakukan dengan cara mengoven bahan pada suhu 105 - 110°C selama 3 jam atau sampai berat bahan konstan (Hidayah, 2010). Kadar air rata-rata dalam *nata de coco* adalah sebesar 98% (Susanti, 2006).

### 2.1.1.2 Gugus Fungsi Adsorben *Nata de coco*

Gugus fungsi pada *nata de coco* dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer inframerah transformasi fourier (FTIR). Gugus fungsi pada *nata de coco* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. FTIR selulosa *nata de coco*  
(Lindu dkk., 2008).

Pada Gambar 2.4 terlihat bahwa pada puncak serapan dengan bilangan gelombang  $3284,56 \text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus OH dan pada bilangan gelombang  $1062,87 \text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus C-O. Gugus OH dan C-O merupakan gugus utama pada selulosa (Lindu dkk., 2008).

## 2.2 Zat Warna

Molekul zat warna merupakan gabungan dari senyawa organik tak jenuh dengan kromofor (pembawa warna) dan

auksokrom (pengikat warna). Senyawa organik tak jenuh yang dijumpai dalam pembentukan zat warna merupakan senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya serta senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen. Beberapa contoh gugus yang termasuk dalam gugus kromofor dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Jenis – jenis gugus kromofor

No.	Macam Gugus Kromofor	Jenis Ikatan
1	Azo	-N = N-
2	Nitroso	-NO
3	Nitro	-NO <sub>2</sub>
4	Karbonil	-C=O
5	Etilena	>C=C<

(Yahdiana, 2011).

Gugus kromofor merupakan gugus yang tidak berwarna dan dapat menjadi berwarna apabila terikat pada sistem yang terkonjugasi. Molekul yang mengandung gugus kromofor dan sistem ikatan rangkap terkonjugasi disebut kromogen. Kromogen bukan merupakan suatu zat warna, untuk membuatnya menjadi berwarna perlu ditambahkan gugus lain yang disebut auksokrom. Gugus auksokrom berfungsi mengaktifkan kerja kromofor dan memberikan daya ikat terhadap serat yang diwarnainya. Gugus auksokrom dapat digolongkan menjadi 2 :

- Golongan kation : -NHCH<sub>3</sub>; -N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; -NH<sub>2</sub>
- Golongan Anion : -SO<sub>3</sub>H; -COOH; -OH

(Susanto, 2004).

Berdasarkan sifat kelarutannya zat warna digolongkan sebagai berikut:

- Zat warna larut air  
Ciri khas dari zat warna ini adalah memiliki gugus pembentuk garam lebih dari satu. Zat warna golongan ini terdiri dari:



- a. Zat warna anionik, dengan gugus pembentuk garamnya berupa gugus asam sulfonat. Contoh zat warna anionik adalah zat warna direct dan zat warna reaktif.
- b. Zat warna kationik, dengan gugus pembentuk garamnya adalah basa amonium sehingga zat warna ini juga disebut zat warna basa.
- Zat warna tidak larut dalam air  
Contoh : zat warna disperse (celup), zat warna morden, zat warna sulfur, zat warna cat dan pigmen.

(Manaf, 2006).

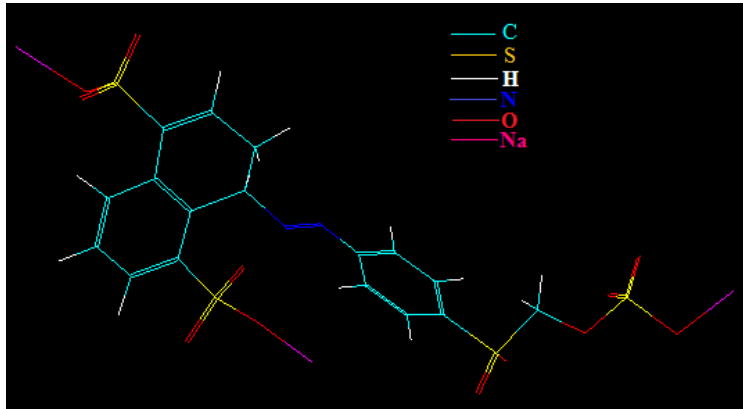
### 2.2.1 Remazol Yellow FG

*Remazol Yellow FG* merupakan zat warna reaktif yang banyak menjadi pilihan karena gugus kromofornya mudah sekali dalam memberikan warna-warna yang cerah dan tahan uji (Faqih, 2010). Zat warna reaktif adalah zat warna yang dapat bereaksi dengan serat sehingga zat warna tersebut merupakan bagian dari serat. Zat warna reaktif mengandung gugus elektrofilik yang dapat bereaksi dengan nukleofilik untuk membentuk ikatan kovalen satu sama lain melalui reaksi adisi atau pertukaran. Nukleofilik pada serat yang secara khusus bereaksi dengan zat warna adalah berupa gugus hidroksil pada selulosa, amino, hidroksil, dan gugus amino pada poliamida (Kirk and Othmer, 1992).

Rumus umum dari zat warna reaktif adalah *dye-B-R*. *Dye-B-R* menunjukkan tiga komponen dasar dari zat warna reaktif yang berupa zat warna (*dye*), gugus perantara (B), dan gugus reaktif (R). Gugus reaktif terdiri dari dua bagian yaitu gugus pembawa dan komponen reaktif. Gugus reaktif pada zat warna reaktif merupakan bagian yang mudah lepas sehingga zat warna mudah bereaksi dengan serat. Salah satu contoh zat warna reaktif dengan gugus reaktif dari golongan vinil sulfon adalah Remazol. Remazol pertama kali diperkenalkan oleh Hoechst pada tahun 1958. Remazol yang merupakan nama dagang memiliki rumus umum berupa dye (Kirk and Othmer, 1992).

*Remazol Yellow FG* memiliki struktur sebagaimana pada Gambar 2.5. Gugus reaktif pada *Remazol Yellow FG* adalah

gugus sulfonat ( $-\text{SO}_3^-$ ). Agar reaksi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan penambahan alkali atau asam hingga mencapai pH tertentu (Rasjid dkk., 1976).



Gambar 2.5. Struktur kimia *Remazol Yellow FG*

### 2.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pengikatan molekul dalam suatu fluida baik cair maupun gas ke permukaan pori benda padat. Adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan larutan atau gas dengan padatan, sehingga sebagian komponen larutan atau gas dapat terserap pada permukaan pori padatan, akibatnya akan mengubah komposisi larutan atau gas tersebut (Hermana dan Boedisantoso, 2011).

Bahan yang digunakan untuk melakukan proses adsorpsi disebut adsorben, sedangkan bahan yang dijerap disebut adsorbat. Adsorben yang baik harus memiliki kapasitas dan selektifitas adsorpsi terhadap molekul adsorbat. Adsorpsi terjadi karena molekul-molekul pada permukaan adsorben memiliki gaya tarik yang arahnya tegak lurus bidang permukaan padatan. Adsorpsi akan berhenti ketika telah terjadi kesetimbangan antara cairan atau gas dengan permukaan padatan (Hermana dan Boedisantoso, 2011).

### 2.3.1 Adsorpsi Remazol Yellow FG

Pada tahun 2007, Puspitasari telah melakukan penelitian terkait adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan bahan alami berupa kitosan sulfat dari cangkang bekicot (*Achatina fullica*) sebagai adsorben. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode *batch* dengan memvariasikan pH larutan, konsentrasi larutan dan waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh kitosan sulfat adalah pH 4, konsentrasi 20 mg/L dan waktu kontak 15 menit dengan daya serap optimum sebesar 0,66 mg/g.

Adsorpsi *Remazol Yellow FG* telah dilakukan oleh Faqih (2010) menggunakan adsorben semen Portland. Semen Portland merupakan hasil industri dari perpaduan bahan baku batu kapur atau gamping dan lempung sebagai bahan utama dengan komposit seperti kapur ( $\text{CaO}$ ), Silika ( $\text{SiO}_2$ ), oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Adsorpsi dilakukan dengan variasi dosis adsorben dan waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semen Portland mampu mengadsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,21774 mg/g dengan waktu kontak optimum 15 menit dan dosis adsorben maksimum adalah 1 gram (Faqih, 2010).

Penelitian tentang adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben dari bahan alam berupa kitosan juga dilakukan oleh Huda (2015) dengan membuat komposit Montromillonit-Kitosan. Hasil penelitian memberikan hasil kondisi optimum adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh komposit Montromillonit-Kitosan adalah pada konsentrasi larutan 215 mg/L dengan waktu kontak 30 menit dan kondisi pH 3 dengan dosis adsorben 0,05 gram (Huda, 2015).

### 2.3.2 Penggunaan Adsorben *Nata de coco*

Salah satu bahan alam yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah air kelapa. Air kelapa dapat diolah menjadi *nata de coco* yang mengandung selulosa bakterial. Lailiyah dkk., (2013) telah melakukan penelitian terkait penggunaan *nata de coco* dan modifikasi permukaan selulosa *nata de coco* dengan anhidrat asetat sebagai adsorben untuk adsorpsi ion logam berat

$\text{Cd}^{2+}$  dalam campuran  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$ . Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa selulosa *nata de coco* memiliki kemampuan mengadsorpsi ion  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  lebih baik dibandingkan dengan selulosa termodifikasi (Lailiyah dkk., 2013).

Penelitian terkait penggunaan adsorben *nata de coco* juga dilakukan Sulistiyana (2011) untuk mengadsorpsi kation  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  (penyebab kesadahan) dengan metode *batch*. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran luas permukaan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dengan menggunakan metode metilen blue. Luas permukaan yang diperoleh dari hasil penelitian sebesar 11,5945  $\text{m}^2/\text{g}$  adsorben. Dalam penelitian ini adsorben *nata de coco* mampu mengadsorpsi kadar  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dalam waktu optimum 30 menit dengan kapasitas adsorpsi berturut-turut adalah 27,466  $\text{mg/g}$  dan 18,944  $\text{mg/g}$  dengan konsentrasi awal larutan 400  $\text{mg/L}$  dan 300  $\text{mg/L}$  (Sulistiyana, 2011).

### 2.3.3 Jenis-Jenis Adsorpsi

Pada dasarnya adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu adsorpsi fisis (Fisisorpsi) dan adsorpsi kimia (kemisorpsi) (Amri dkk., 2004). Kedua jenis adsorpsi ini dapat dijelaskan sebagaimana berikut:

#### 2.3.3.1 Adsorpsi Fisis (Fisisorpsi)

Adsorpsi fisis atau yang dikenal dengan adsorpsi Van Der Waals adalah proses adsorpsi yang disebabkan oleh gaya intermolekular yang lemah seperti dispersi atau dipolar antara adsorbat dengan substrat. Gaya Van Der Waals memiliki rentang yang panjang tapi lemah. Adsorpsi ini bersifat reversibel penuh sehingga dapat terjadi proses desorpsi. Pada adsorpsi fisis, adsorpsi terjadi tidak pada *site* yang spesifik dan molekul yang teradsorpsi menyelimuti seluruh permukaan adsorben. Nilai entalpi fisisorpsi berkisar antara 20  $\text{kJ/mol}$ . Nilai entalpi yang rendah tersebut tidak dapat digunakan untuk pemutusan ikatan sehingga pada fisisorpsi tidak terjadi perubahan pada molekul yang terfisisorpsi, meskipun mungkin terjadi distorsi pada permukaan adsorben (Atkins and Paula, 2006).

### 2.3.3.2 Adsorpsi Kimia (Kemisorpsi)

Kemisorpsi atau yang biasa disebut dengan adsorpsi secara kimia adalah proses adsorpsi yang terjadi pada permukaan adsorben yang menghasilkan senyawa kimia. Biasanya molekul yang teradsorp secara kimia membentuk ikatan kovalen dan cenderung mencari bagian yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat. Entalpi kemisorpsi jauh lebih besar dibandingkan dengan entalpi fisorpsi. Nilai entalpi kemisorpsi berkisar antara 200 kJ/mol (Atkins and Paula, 2006).

Ciri-ciri dan perbedaan dari adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia adalah sebagaimana terdapat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Parameter adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia

Parameter	Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
Panas adsorpsi	Rendah, kurang dari 2 atau 3 kali panas penguapan.	Tinggi, lebih dari 2 kali panas penguapan.
Kekhususan Fase terjerap	Tidak spesifik. Satu atau multi lapis, tidak ada pemisahan fase terjerap.	Sangat spesifik. Hanya satu lapis, mungkin ada pemisahan.
Temperatur	Suhu relatif rendah.	Memungkinkan pada suhu tinggi.
Gaya adsorpsi	Tidak ada perpindahan elektron (terjadi akibat adanya perbedaan energi atau gaya tarik bermuatan listrik (gaya Van Der Waals)).	Ada perpindahan elektron (terjadi akibat adanya ikatan kimia antara adsorben dengan zat yang teradsorpsi (adsorbat)).
Reversibilitas	Cepat dan reversibel.	Mungkin lambat dan ireversibel.

(Kirk and Othmer, 1992).

### 2.3.4 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Beberapa faktor yang mempengaruhi adsorpsi pada permukaan zat padat antara lain:

#### a. Karakteristik Adsorbat

Syarat-syarat yang diperlukan agar adsorbat dapat terjerap dengan baik adalah:

##### 1. Ukuran adsorbat

Molekul yang terjerap haruslah mempunyai ukuran partikel yang lebih kecil dari ukuran diameter pori adsorben.

##### 2. Jenis kepolaran adsorbat

Umumnya, adsorbat bersifat ionik dengan polaritas yang tinggi. Jika diameternya sebanding maka molekul-molekul polar terjerap lebih kuat daripada molekul non-polar.

##### 3. Jenis ikatan

Senyawa tidak jenuh lebih baik dijerap bila dibandingkan dengan senyawa jenuh.

(Kirk and Othmer, 1992).

#### b. Karakteristik Adsorben

Syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam pemilihan adsorben adalah memiliki permukaan kontak yang luas, mempunyai pori-pori aktif, bersifat murni dan tidak bereaksi dengan adsorbat (Sunarno, 2000).

#### c. pH (Derajat Keasaman)

Adsorpsi antarfasa padat-cair sangat dipengaruhi oleh pH larutan. Adsorpsi yang dilakukan pada pH tinggi cenderung memberikan hasil yang kurang sempurna karena pada kondisi basa terbentuknya senyawa dari oksida unsur pengotor lebih besar (Khasanah, 2009).

#### d. Waktu Kontak

Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses adsorpsi berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam. Jumlah zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben merupakan

proses berkesetimbangan, sebab laju peristiwa adsorpsi disertai dengan terjadinya desorpsi. Pada awal reaksi, peristiwa adsorpsi lebih dominan dibandingkan dengan desorpsi, sehingga adsorpsi berlangsung cepat. Pada waktu tertentu, peristiwa adsorpsi cenderung berlangsung lambat dan tidak teramati perubahannya secara makroskopis pada keadaan berkesetimbangan. Waktu tercapainya keadaan setimbang pada proses adsorpsi adalah berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi antara adsorben dan adsorbat (Khasanah, 2009).

#### e. Suhu

Pada adsorpsi fisika kenaikan suhu menyebabkan adsorpsi menurun. Hal ini disebabkan mobilitas dari atom-atom adsorbat bertambah dengan naiknya suhu. Oleh karena itu, zat yang dijerap cenderung meninggalkan zat penjerap. Sedangkan pada adsorpsi kimia, adsorpsi bertambah dengan naiknya suhu. Kenaikan suhu pada adsorpsi kimia dapat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka karena unsur-unsur pengotor pada permukaan akan teroksidasi (Khasanah, 2009).

### 2.4 Adsorpsi Isotermal

#### 2.4.1 Adsorpsi Isotermal Langmuir

Adsorpsi isotermal Langmuir diturunkan secara teoritis dengan menganggap bahwa hanya sebuah adsorpsi tunggal yang terjadi. Adsorpsi terlokalisasi, artinya molekul-molekul zat hanya dapat diserap pada tempat-tempat tertentu dan panas adsorpsi tidak bergantung pada permukaan yang tertutup oleh adsorben. Adsorpsi isotermal Langmuir digunakan untuk menggambarkan fenomena adsorpsi kimia (*chemisorption*). Menurut Bird (1993), persamaan adsorpsi isotermal Langmuir yang merupakan jenis adsorpsi monolayer dapat dijelaskan dengan Persamaan 2.4.

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{K_L} + \frac{1}{K_L b C_e} \quad (2.4)$$

Dimana :

$C_e$  = konsentrasi pada kondisi setimbang (mg/L)

$q_e$  = jumlah zat teradsorp per gram adsorben (mg/g)  
 $K_L$  (L/mg) dan  $b$  (mg/g) = konstanta isotermal adsorpsi

(Bird, 1993).

#### 2.4.2 Adsorpsi Isotermal Freundlich

Adsorpsi isotermal Freundlich menggambarkan adsorpsi jenis fisika dimana adsorpsi terjadi pada beberapa lapis dan ikatannya tidak kuat. Isoterm Freundlich juga mengasumsikan bahwa tempat adsorpsi bersifat heterogen dengan Persamaan 2.5.

$$\log q_e = \log K + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2.5)$$

Dimana  $k$  dan  $n$  merupakan konstanta.

(Bird, 1993).

### 2.5 Kinetika Adsorpsi

#### 2.5.1. Model Kinetika Orde Satu

Model kinetika orde satu dinyatakan dengan Persamaan 2.6.

$$\frac{1}{C} dC = -k dt \quad (2.6)$$

Dengan mengintegrasikan Persamaan (2.6) pada  $t = 0$  dan  $t = t$ , maka diperoleh persamaan linear 2.7.

$$\ln(C) = \ln(C_0) - kt \quad (2.7)$$

Persamaan (2.7) dapat disederhanakan menjadi Persamaan 2.8.

$$C = C_0 \cdot e^{-kt} \quad (2.8)$$

Dimana  $C$  merupakan konsentrasi pada waktu  $t$  dan  $C_0$  adalah konsentrasi awal (Qiu et al., 2009).

#### 2.5.2 Model Kinetika Orde Dua

Model kinetika orde dua dinyatakan dengan Persamaan 2.9.



$$\frac{1}{c^2} dC = -kdt \quad (2.9)$$

Dengan mengintegrasikan Persamaan (2.9) pada  $t = 0$  dan  $t = t$  maka diperoleh persamaan linear 2.10.

$$-\frac{1}{c} + \frac{1}{c_0} = -kt \quad (2.10)$$

Persamaan (2.10) dapat disederhanakan menjadi Persamaan 2.11.

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{c_0} + kt \quad (2.11)$$

Dimana  $C$  merupakan konsentrasi pada waktu  $t$  dan  $C_0$  adalah konsentrasi awal (Qiu et al., 2009).

### 2.5.3 Model Orde Satu Semu

Pada awal tahun 1898 Langergren telah mengusulkan model kinetika orde satu semu dan orde dua semu untuk adsorpsi sistem padat-cair (Ho, 2006). Model orde satu semu merupakan integral dari persamaan Langergren sebagaimana pada Persamaan 2.12.

$$r = \frac{dq}{dt} = K_1 (q_e - q_t)^n \quad (2.12)$$

Jika  $n$  (orde) = 1, maka diperoleh Persamaan linear 2.13.

$$\log (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{K}{2.303} t \quad (2.13)$$

$q_t$  merupakan jumlah adsorbat yang teradsorpsi setiap 1 gram adsorben (mg/g) saat  $t$  tertentu,  $q_e$  adalah jumlah adsorbat yang teradsorpsi dalam keadaan kesetimbangan (mg/g), dan  $K_1$  adalah konstanta adsorpsi orde satu semu ( $\text{menit}^{-1}$ ). Model ini telah sukses diaplikasikan kedalam pendeskripsian kinetika dari berbagai sistem adsorpsi (Chairat et al., 2006).

*Slope* yang diperoleh dari grafik hubungan antara  $\log(q_e - q_t)$  dengan  $t$  merupakan nilai  $q_e$ . Sedangkan *intercept* yang diperoleh merupakan nilai  $k$ . nilai  $\log(q_e - q_t)$  dihitung dari nilai  $q_e$  dan  $q_t$

berdasarkan hasil percobaan adsorpsi menggunakan Persamaan 2.14 dan 2.15.

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{m} \quad (2.14)$$

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \quad (2.15)$$

Dimana:

$C_0$  = konsentrasi awal larutan (mg/L)

$C_t$  = konsentrasi larutan sisa (mg/L)

$C_e$  = konsentrasi larutan yang teradsorpsi (mg/L)

$V$  = volume larutan (L)

$m$  = massa adsorben (g)

(Fadilah, 2013).

#### 2.5.4 Model Orde Dua Semu

Persamaan Langergren diatas apabila diintegalkan dengan nilai  $n$  (orde) = 2 sebagaimana Persamaan 2.16.

$$\frac{dq}{dt} = k_2 (q_e - q_t)^2 \quad (2.16)$$

Maka apabila persamaan (2.16) diintegalkan pada  $t = 0$  hingga  $t = t$  dan  $q_t = 0$  hingga  $q_t = t$  maka diperoleh Persamaan 2.17.

$$\frac{1}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e} k_2 \quad (2.17)$$

Persamaan (2.17) dapat ditata ulang hingga diperoleh Persamaan linear 2.18.

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (2.18)$$

Dimana  $q_t$  (mg/g) merupakan jumlah adsorbat yang teradsorpsi ke dalam adsorben selang waktu  $t$ ,  $q_e$  (mg/g) merupakan jumlah adsorbat yang teradsorpsi saat kesetimbangan, dan  $k$  merupakan konstanta laju adsorpsi (g/mg menit). Nilai dari  $q_e$  dan  $k$  diperoleh dari *slope* dan *intercept* grafik antara  $t$  dengan  $t/q_t$  (Ho and Wang, 2004).

Apabila dari kedua model kinetika orde reaksi tersebut dapat diuji dengan membuat grafik hubungan antara  $\log (q_e - q_t)$  versus  $t$  dan  $t/q_t$  versus  $t$ , maka kedua grafik yang diperoleh dicari linearitasnya ( $R^2$ ) dan konstanta laju adsorpsinya. Nilai  $R^2$  yang lebih mendekati 1 dan konstanta laju adsorpsi yang memiliki nilai lebih besar menunjukkan orde adsorpsi yang dicari (Acharya et al., 2009).

### 2.5.5 Model Kinetika Adsorpsi *Remazol Yellow FG*

Kinetika adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben kitosan dan kitosan-p-t butilkaliks [4] arena menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi mengikuti model orde dua semu dengan nilai konstanta laju adsorpsi sebesar  $2,418 \times 10^{-4}$  g/mg.menit (untuk adsorben kitosan) dan  $3,626 \times 10^{-4}$  g/mg.menit untuk adsorben kitosan-p-t butilkaliks [4] arena (Hilmiyana, 2013).

Penelitian terkait model kinetika adsorpsi *Remazol Yellow FG* juga dilakukan oleh Sadewo (2013) pada proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben Kopoli (eugenol-DVB) dan Kopoli (eugenol-DVB) terimpregnasi C-Heksil kaliks [4] resorsinarena. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi *Remazol Yellow FG* mengikuti model kinetika orde dua semu dengan nilai konstanta laju adsorpsi pada adsorben Kopoli (eugenol-DVB) adalah sebesar  $5,24 \times 10^{-4}$  Lmol<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup> dan pada adsorben Kopoli (eugenol-DVB) terimpregnasi C-Heksil kaliks[4]resorsinarena sebesar  $6,73 \times 10^{-4}$  Lmol<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup> (Sadewo, 2013).

### 2.6 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri adalah ilmu yang mempelajari tentang teknik pengukuran interaksi materi dengan energi atau sinar. Alat yang digunakan untuk analisa spektrofotometri disebut spektrofotometer. Sesuai dengan namanya, spektrofotometer adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dan panjang gelombang tertentu dan fotometer tersusun dari sumber spektrum yang kontinyu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk sampel serta blanko dan

suatu alat untuk mengukur perbedaan antara sampel dengan blanko tersebut (Khopkar, 1985).

Spektrofotometri Sinar Tampak (UV-Vis) adalah pengukuran energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu (Day dan Underwood, 2002). Sinar ultraviolet (UV) mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar tampak (*visible*) mempunyai panjang gelombang 400-750 nm. Pengukuran spektrofotometri menggunakan alat spektrofotometer yang melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Konsentrasi dari analit dalam larutan dapat ditentukan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer (Rohman, 2007).

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan spektrofotometer UV-Vis adalah pemilihan pelarut. Tabel 2.4 menunjukkan pelarut yang umum digunakan untuk daerah UV-Vis.

Tabel 2.4. Pelarut yang umum digunakan untuk daerah UV-Vis

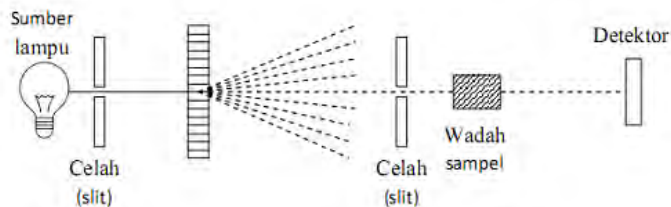
Pelarut	Perkiraan Transparasi Minimum (nm)	Pelarut	Perkiraan Transparasi Minimum (nm)
Air	190	Klorofom	250
Metanol	210	Karbon tetraklorida (CCl <sub>4</sub> )	265
Sikloheksana	210	Benzena	280
Heksana	210	Toluena	285
Dietil eter	220	Piridina	305
<i>p</i> -dioksana	220	Aseton	330
Etanol	220	Karbon disulfida	380

(Day dan Underwood, 2002).

Pelarut yang digunakan tidak hanya harus dapat melarutkan sampel atau analit, namun juga tidak boleh menyerap cukup banyak absorbansi, tidak dapat bereaksi dengan senyawa yang akan dianalisis, dan memiliki kemurnian yang tinggi (Day dan Underwood, 2002).

Diagram skematis spektrofotometer UV-Vis secara umum digambarkan pada Gambar 2.6. Komponen-komponen pokok yang ada dalam spektrofotometer UV-Vis yaitu:

1. Sumber energi radiasi yang stabil
2. Monokromator (celah, lensa, cermin, dll.)  
Monokromator berfungsi untuk mengubah radiasi polikromatik menjadi panjang gelombang tunggal yang terdiri dari sistem slit (pintu masuk sinar), pendispersi (cermin atau prisma segitiga), dan slit (pintu keluar sinar).
3. Sel absorpsi transparan (kuvet)  
Kuvet merupakan tempat untuk meletakkan sampel dan blanko yang akan diuji.
4. Detektor radiasi yang dilengkapi recorder  
Detektor ini berfungsi untuk menyerap energi foton dan mengubah energi tersebut menjadi kuantitas yang dapat diukur seperti arus listrik atau perubahan suhu. Syarat penting dari detektor adalah memiliki sensitifitas yang tinggi, waktu respon singkat dan stabil.



Gambar 2.6. Diagram skematis spektrofotometer UV-Vis.  
(Day dan Underwood, 2002).

Prinsip kerja dari spektrofotometer UV-Vis adalah mengukur banyaknya energi yang dihasilkan oleh elektron saat kembali ke keadaan semula setelah tereksitasi. Sumber cahaya memancarkan cahaya polikromatik, dimana cahaya polikromatik adalah

kumpulan dari beberapa spektrum warna dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Cahaya polikromatik tersebut selanjutnya diubah menjadi cahaya monokromatik oleh monokromator. Warna yang memiliki energi yang setara dengan energi minimum elektron untuk tereksitasi akan diserap oleh sampel. Elektron yang tereksitasi semakin lama akan semakin kehilangan energi hingga pada akhirnya kembali ke keadaan dasar (*ground state*) yang lebih stabil dari keadaan tereksitasi. Energi yang dilepaskan elektron saat tereksitasi memiliki jumlah yang sama dengan energi yang diterimanya. Energi ini selanjutnya diterjemahkan oleh detektor menjadi panjang gelombang warna komplementernya (Harisman dan Sugiarto, 2014).

Pada spektrofotometer UV-Vis, interaksi yang diamati adalah adanya panjang gelombang tertentu di daerah UV-Vis oleh spesi kimia yang dianalisa. Lambert (1760) dan Beer (1852) telah menunjukkan adanya hubungan pada persamaan 2.19.

$$\% T = \frac{P_t}{P_0} = 10^{-abc} \quad (2.19)$$

Dimana :

- T = Transmittan
- $P_t$  = Intensitas sinar yang diteruskan
- $P_0$  = Intensitas awal
- a = Tetapan absorbtivitas
- b = Panjang lintasan sinar
- c = Konsentrasi

Persamaan 2.19 dapat diturunkan menjadi persamaan 2.20.

$$\text{Log } T = \log \left( \frac{P_t}{P_0} \right) = -abc \quad (2.20)$$

$$\text{Log } \left( \frac{1}{T} \right) = \log \left( \frac{P_0}{P_t} \right) = abc = A \quad (2.21)$$

Dengan A = absorbansi.

Sehingga diperoleh persamaan 2.22.

$$A = a \cdot b \cdot c \quad (2.22)$$

Nilai absorbansi (A) berbanding lurus terhadap konsentrasi analit (c). besaran a adalah konstanta, sehingga jika panjang lintasan sinar (b) dibuat konstan maka nilai absorbansi (A) hanya bergantung pada konsentrasi (c). Jika nilai A dialurkan terhadap beberapa nilai c maka sesuai persamaan di atas akan diperoleh kurva berbentuk suatu garis linear. Kurva ini disebut kurva kalibrasi dan dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi analit yang sama berdasarkan nilai absorbansi analit tersebut pada panjang gelombang sinar yang sama (Khopkar, 1985).

## 2.7 Spektrofotometri Inframerah Transformasi Fourier

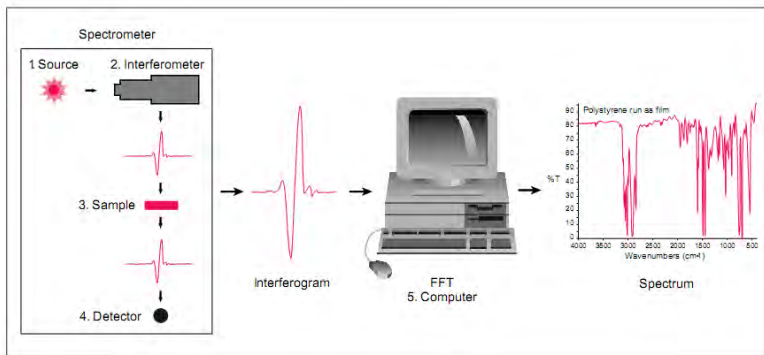
Spektrofotometri inframerah transformasi fourier atau yang biasanya disebut dengan FTIR adalah metode spektroskopi yang ditemukan oleh matematikawan Perancis yang bernama J. B. Fourier (1768-1830). *Fourier Transform Infrared* (FTIR) merupakan sebuah instrumen yang didasarkan pada penyerapan sinar inframerah (IR) oleh molekul atau senyawa. Karena panjang gelombang IR lebih pendek daripada panjang gelombang sinar tampak maupun sinar ultra violet (UV), maka energi IR tak mampu mentransisikan elektron melainkan hanya menyebabkan molekul bergetar. Instrumen ini berguna untuk menentukan gugus fungsional senyawa organik. Cuplikan yang dianalisis dapat berupa zat cair atau zat padat (Hendayana, 1994).

Dalam spektroskopi sinar infra merah, radiasi sinar inframerah ditembakkan ke arah sebuah molekul. Sebagian radiasi sinar inframerah tersebut diserap (diadsorpsi) oleh molekul dan sebagian lagi diteruskan (ditransmisikan) melalui molekul tersebut yang menghasilkan sebuah spektrum. Hasil spektrum tersebut mewakili nilai adsorpsi dan transmisi dari molekul. Seperti sidik jari manusia, tidak ada molekul yang memiliki nilai spektrum atau vibrasi yang sama. Hal ini menyebabkan spektroskopi inframerah sangat bermanfaat untuk menganalisis molekul (Hendayana, 1994).

Instrumen FTIR memiliki 5 komponen. Berikut ini adalah komponen-komponen yang terintegrasi dalam instrument FTIR.

1. Sumber sinar infra merah
2. Interferometer
3. Sampel
4. Detektor
5. Komputer

Gambar 2.7 menggambarkan ilustrasi instrument FTIR.



Gambar 2.7. Skema instrument FTIR

(Thermo, 2001).

Pengujian FTIR memiliki 3 fungsi, yaitu:

- a. Untuk mengidentifikasi material yang belum diketahui,
- b. Untuk menentukan kualitas atau konsistensi sampel
- c. Untuk menentukan intensitas suatu komponen dalam sebuah campuran

Ukuran puncak (*peak*) data FTIR menggambarkan jumlah atau intensitas senyawa yang terdapat dalam sampel. FTIR menghasilkan data berupa grafik intensitas dan frekuensi. Intensitas menunjukkan tingkatan jumlah senyawa sedangkan frekuensi menunjukkan jenis senyawa yang terdapat dalam sebuah sampel (Hendayana, 1994).

## 2.8 Metode BET

*Branauer, Emmet, and Teller* (BET) merupakan salah satu metode yang dikembangkan untuk menentukan luas permukaan.



Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Stephen Brunauer, Paul Emmet, dan Edward Teller (BET) pada tahun 1938. Metode ini menggunakan gas  $N_2$  pada temperature 77 K untuk menentukan kapasitas permukaan. Metode ini memprediksikan nilai dari luas permukaan pada lapisan monolayer (*monolayer coverage*). Jadi pada dasarnya metode BET ini tidak memprediksikan nilai luas permukaan adsorben yang sesungguhnya, melainkan hanya memprediksikan *monolayer coverage* yang terjadi di permukaan, biasanya menggunakan satuan mmol/g (Marsh et al., 2006).

Luas permukaan BET dinyatakan dalam persamaan 2.23.

$$S_{BET} = a_m \times N \times w \quad (2.23)$$

$S_{BET}$  dinyatakan dalam  $m^2g^{-1}$  dengan  $a_m$  adalah banyaknya adsorbat yang menutupi permukaan adsorben dengan lapisan monomolekular ( $mLg^{-1}$ ),  $N$  adalah bilangan Avogadro, dan nilai  $w$  adalah satu molekul sebesar  $0,162 \text{ nm}^2$ . Luas permukaan BET berfungsi untuk mengkarakterisasi struktur pori adsorben sebagai struktur mesopori (Jankowska et al., 1991).

***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, neraca analitik, ayakan mesh, *magnetic stirrer*, sentrifius, *blender*, pH meter, dan peralatan gelas. Peralatan yang dibutuhkan dalam pembuatan *nata de coco* adalah *hot plate*, cetakan plastik, oven, kain kasa, dan mesin press hidrolik. Instrumen yang digunakan adalah FTIR 8400S Shimadzu, UV-Vis *Genesys 10S*, dan NOVA *Quantachrome Instruments Version 10.01*.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan *nata de coco* adalah air kelapa, gula pasir, urea, cuka dapur, bakteri *A. xylinum*, NaOH, HCl, dan kertas pH. Bahan lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Remazol Yellow FG* dan Aqua DM.

#### **3.2 Prosedur Kerja**

##### **3.2.1 Pembuatan Adsorben *Nata de coco***

*Nata de coco* diperoleh dari fermentasi air kelapa yang ditanami bibit *nata de coco* dengan perbandingan air kelapa : bibit *Nata de Coco* sebesar 10:1. Bibit *nata de coco* adalah air kelapa yang berisi bakteri *A. xylinum*. Nutrisi untuk proses fermentasi didapatkan dengan menambahkan sumber karbon yang diperoleh dari gula, dan nitrogen yang diperoleh dari urea. Adapun perbandingan air kelapa : gula : urea adalah sebesar 200 : 20 : 1. Fermentasi dilakukan pada kondisi pH = 4 selama 7 hari. Hasil fermentasi kemudian dicuci menggunakan air dan dipotong kecil-kecil. Selanjutnya potongan *nata de coco* direbus hingga mendidih dan direndam hingga pH netral (Sulistiyana, 2011).

Adsorben selulosa bakterial *nata de coco* disiapkan dari potongan *nata de coco* yang telah direndam hingga pH netral dan ditekan menggunakan mesin press hidrolik dengan gaya 250 kgf selama 2 menit. Setelah itu dikeringkan pada suhu 80°C selama 15 menit. *Nata de coco* kering kemudian diblender dan dilakukan pengayakan dengan ukuran 30 - 40 mesh.

### 3.2.2 Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi adsorben dilakukan dengan menganalisa kadar air, gugus fungsi, dan luas permukaan adsorben. Analisa kadar air dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri, yakni dengan cara menimbang massa adsorben *nata de coco* basah dan kering kemudian menganalisanya dengan menggunakan persamaan 2.3, sedangkan analisa gugus fungsi *nata de coco* sebelum dan setelah proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan alat FTIR 8400S Shimadzu pada bilangan gelombang 400-4000  $\text{cm}^{-1}$ . Analisa luas permukaan dilakukan dengan menggunakan BET.

### 3.2.3. Pembuatan Larutan Induk *Remazol Yellow FG* 100 mg/L

Sebanyak 0,1001 gram serbuk *Remazol Yellow FG* dilarutkan dengan menggunakan aqua DM di dalam gelas beker 100 mL. Selanjutnya larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan ditambahkan aqua DM hingga tanda batas.

### 3.2.4 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum ( $\lambda_{\text{max}}$ ) *Remazol Yellow FG*

Larutan *Remazol Yellow FG* dengan konsentrasi 30 mg/L (dibuat dengan mengencerkan larutan induk menggunakan aqua DM) diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 300 - 700 nm (dengan range 1).

### 3.2.5 Pembuatan Kurva Kalibrasi *Remazol Yellow FG*

Larutan *Remazol Yellow FG* dengan konsentrasi 0, 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 mg/L (dibuat dengan mengencerkan larutan induk menggunakan aqua DM) diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{\text{max}}$ ) yang telah diperoleh pada 3.2.4.

### **3.2.6 Adsorpsi Remazol Yellow FG**

#### **3.2.6.1 Optimasi pH Larutan pada Adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh *Nata de Coco***

Serbuk selulosa bakterial *nata de coco* ditimbang sebanyak  $\pm 0,1000$  gram dan dimasukkan ke dalam botol kaca. Selanjutnya ditambahkan 15 mL larutan *Remazol Yellow FG* 100 mg/L yang telah diatur pH nya menjadi 1 dengan menggunakan NaOH 0,1 M atau HCl 0,1 M. Proses adsorpsi oleh selulosa bakterial *nata de coco* dilakukan dengan kecepatan pengadukan 400 rpm. Setelah 45 menit, campuran selanjutnya didekantasi, kemudian filtrat disentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 10 menit. Filtrat hasil adsorpsi selanjutnya diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-vis pada panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{\max}$ ) yang telah diperoleh pada 3.2.4, serta dihitung % adsorpsinya. Percobaan yang sama dilakukan untuk kondisi pH 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 dengan masing-masing dilakukan secara duplo.

#### **3.2.6.2 Optimasi Dosis Adsorben pada Adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh *Nata de Coco***

Serbuk selulosa bakterial *nata de coco* ditimbang sebanyak  $\pm 0,0100$  gram dan dimasukkan ke dalam botol kaca. Selanjutnya ditambahkan 15 mL larutan *Remazol Yellow FG* 100 mg/L yang telah diatur pHnya hingga pH optimal. Proses adsorpsi oleh selulosa bakterial *nata de coco* dilakukan dengan kecepatan pengadukan 400 rpm. Setelah 45 menit, campuran selanjutnya didekantasi, kemudian filtrat disentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 10 menit. Filtrat hasil adsorpsi selanjutnya diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-vis pada panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{\max}$ ) yang telah diperoleh pada 3.2.4, serta dihitung % adsorpsinya. Percobaan yang sama dilakukan pada dosis adsorben  $\pm 0,0500$  ; 0,1000; 0,1500; 0,2000; 0,2500; dan 0,3000 gram dengan masing-masing dilakukan secara duplo.

### **3.2.6.3 Optimasi Waktu Kontak pada Adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh *Nata de Coco***

Serbuk selulosa bakterial *nata de coco* dengan dosis optimum yang diperoleh dari 3.2.6.2 dimasukkan ke dalam botol kaca. Selanjutnya ditambahkan 15 mL larutan *Remazol Yellow FG* 100 mg/L yang telah diatur pHnya hingga pH optimal. Proses adsorpsi oleh selulosa bakterial *nata de coco* dilakukan dengan kecepatan pengadukan 400 rpm. Setelah 15 menit, campuran selanjutnya didekantasi, kemudian filtrat disentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 10 menit. Filtrat hasil adsorpsi selanjutnya diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-vis pada panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{\text{max}}$ ) yang telah diperoleh pada 3.2.4, serta dihitung % adsorpsinya. Percobaan yang sama dilakukan dengan waktu kontak adsorpsi sebesar 30, 45, 60, 75, dan 90 menit dengan masing-masing dilakukan secara duplo.

### **3.2.6.4 Optimasi Konsentrasi Awal Larutan pada Adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh *Nata de Coco***

Serbuk selulosa bakterial *nata de coco* dengan dosis optimum yang diperoleh dari 3.2.6.2 dimasukkan ke dalam botol kaca. Selanjutnya ditambahkan 15 mL larutan *Remazol Yellow FG* 100 mg/L yang telah diatur pHnya hingga pH optimal. Proses adsorpsi oleh selulosa bakterial *nata de coco* dilakukan dengan kecepatan pengadukan 400 rpm dengan waktu kontak optimum yang diperoleh pada 3.2.6.3. Campuran selanjutnya didekantasi, kemudian filtrat disentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 10 menit. Filtrat hasil adsorpsi selanjutnya diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-vis pada panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{\text{max}}$ ) yang telah diperoleh pada 3.2.4, serta dihitung % adsorpsinya. Percobaan yang sama dilakukan pada konsentrasi larutan *Remazol Yellow FG* sebesar 200, 300, 400, 500, 750, 1000, dan 1500 mg/L dengan masing-masing dilakukan secara duplo.

### 3.2.7 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dihitung dengan menggunakan data yang diperoleh pada 3.2.6.3. Hasil perhitungan selanjutnya difitting dengan persamaan kinetika orde reaksi satu (persamaan 2.8), orde reaksi dua (persamaan 2.11), orde reaksi satu semu (persamaan 2.13), dan orde reaksi dua semu (persamaan 2.18).

### 3.2.8 Adsorpsi Isotermal

Adsorpsi isotermal *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dihitung dengan menggunakan data yang diperoleh pada 3.2.6.4. Hasil perhitungan selanjutnya difitting dengan persamaan adsorpsi isotermal Langmuir (persamaan 2.4) dan Freundlich (persamaan 2.5) .

### 3.2.9 Adsorpsi *Remazol Yellow FG* dalam Limbah Batik Tulis

Serbuk selulosa bakterial *nata de coco* dengan dosis optimum yang diperoleh dari 3.2.6.2 dimasukkan ke dalam botol kaca. Selanjutnya ditambahkan 15 mL limbah batik tulis yang mengandung *Remazol Yellow FG*. Proses adsorpsi oleh selulosa bakterial *nata de coco* dilakukan dengan kecepatan pengadukan 400 rpm dengan waktu kontak optimum yang diperoleh pada 3.2.6.3. Campuran selanjutnya didekantasi, kemudian filtrat disentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 10 menit. Filtrat hasil adsorpsi selanjutnya diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-vis pada panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{\max}$ ) yang telah diperoleh pada 3.2.4, serta dihitung % adsorpsinya. Percobaan yang sama dilakukan pada limbah batik tulis yang mengandung *Remazol Yellow FG* pada kondisi pH optimal dengan masing-masing dilakukan secara duplo.

***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***



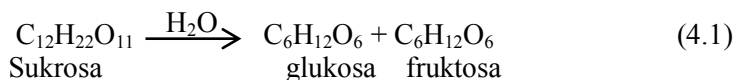
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pembuatan Adsorben Selulosa Bakterial *Nata de coco*

Adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dibuat dengan menanam *starter nata de coco* komersial berupa bakteri *A. xylinum* ke dalam air kelapa yang telah direbus dan diperkaya dengan Karbon (C) dan Nitrogen (N) melalui penambahan gula dan urea pada kondisi pH sekitar 4. Pengaturan pH 4 yang dilakukan sebelum penambahan *starter* kedalam air kelapa ini harus dilakukan karena bakteri *A. xylinum* mampu tumbuh dengan baik pada kondisi pH 3 - 4. Pada kondisi pH dibawah 3 atau di atas 4 proses fermentasi tidak dapat berjalan dengan sempurna (Warisno, 2004). Suhu optimum pertumbuhan bakteri *A. xylinum* terjadi pada suhu 26 - 27°C, untuk itu dalam penelitian ini air kelapa yang telah direbus didinginkan terlebih dahulu sebelum *starter* ditanam. Proses fermentasi dilakukan dalam kondisi tertutup dan gelap agar bakteri dapat tumbuh dengan baik.

Sumber glukosa dalam penelitian ini adalah sukrosa, dimana pada tahap awal sukrosa akan mengalami hidrolisis menjadi glukosa dan fruktosa sebagaimana persamaan reaksi 4.1.



Selanjutnya glukosa akan mengalami polimerisasi membentuk selulosa bakterial dengan reaksi sebagaimana pada Gambar 2.2.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Budhiono et al., (1999) proses pembentukan selulosa bakterial oleh bakteri *A. xylinum* pada fermentasi hari ke tiga masih didapatkan lapisan *nata de coco* yang tipis, sehingga dalam penelitian ini proses fermentasi dilakukan selama 7 hari.

Setelah 7 hari, *nata de coco* yang dihasilkan dicuci dengan air berkali-kali dan direbus hingga pH netral. Tujuan pencucian dan perebusan ini adalah untuk menghilangkan komponen-komponen non selulosa dan sisa bakteri yang masih ada pada *nata de coco*.

*Nata de coco* yang telah bersih selanjutnya dipress dengan menggunakan pompa hidrolik dengan gaya 250 kgf, selama 2 menit untuk menghilangkan kadar air yang banyak terkandung di dalamnya agar tidak menghalangi proses adsorpsi. Selanjutnya untuk membuat adsorben selulosa bakterial *nata de coco*, lembaran-lembaran *nata de coco* dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 15 menit. *Nata de coco* kering kemudian dihaluskan dengan menggunakan *blender* untuk memperbesar luas permukaan dan dilakukan pengayakan dengan ukuran 30-40 mesh untuk membuat ukuran adsorben selulosa bakterial *nata de coco* seragam. Gambar *nata de coco* sebelum dikeringkan dan setelah dijadikan serbuk sebagaimana terdapat pada Gambar 4.1.



(a)



(b)

Gambar 4.1. (a) lembaran *nata de coco* dan (b) serbuk adsorben selulosa bakterial *nata de coco*.

Adsorben selulosa bakterial *nata de coco* yang telah seragam selanjutnya ditentukan kadar airnya dengan menggunakan metode gravimetri, luas permukaannya dengan menggunakan BET dan dianalisa gugus fungsinya dengan menggunakan FTIR.

## 4.2 Karakterisasi Adsorben *Nata de coco*

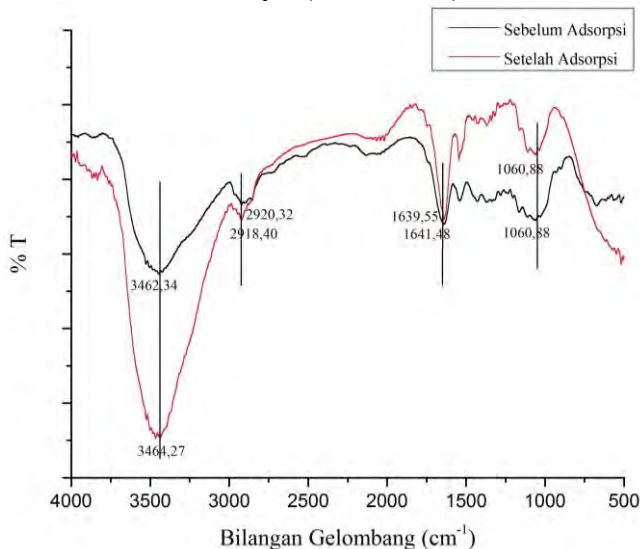
### 4.2.1 Kadar Air Adsorben *Nata de coco*

Analisa kadar air dilakukan dengan metode gravimetri, yakni dengan cara menimbang massa adsorben *nata de coco* basah dan kering. Berdasarkan hasil perhitungan kadar air sebagaimana terdapat pada Lampiran K.1, kadar air *nata de coco* adalah sebesar 99,293%, dan kadar air adsorben selulosa bakterial *nata de coco* adalah sebesar 0,664% (Lampiran K.1).

Pengaruh kadar air dalam *nata de coco* menyebabkan penggunaan *nata de coco* sebagai adsorben harus dalam keadaan kering agar proses adsorpsi nantinya tidak terganggu oleh banyaknya air yang ada dalam *nata de coco*.

### 4.2.2 Identifikasi Gugus Fungsi

Analisa FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada adsorben selulosa bakterial *nata de coco* sebelum dan setelah adsorpsi (Gambar 4.2).



Gambar 4.2. Spektra FTIR selulosa bakterial *nata de coco* sebelum dan setelah adsorpsi

Kedua spektra FTIR pada Gambar 4.2 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Data karakterisasi adsorben selulosa bakterial *nata de coco* sebelum dan setelah adsorpsi juga dapat ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Karakterisasi spektra FTIR pada adsorben selulosa bakterial *nata de coco* sebelum dan setelah adsorpsi

Puncak IR	Puncak Adsorpsi (cm <sup>-1</sup> )			Keterangan
	Sebelum Adsorpsi	Setelah Adsorpsi	Selisih	
1	3462,34	3464,27	1,93	Ikatan gugus OH
2	2920,32	2918,40	1,92	C-H alifatik
3	1641,48	1639,55	1,93	Gugus C=O <i>stretching</i>
4	1429,30	1425,44	3,86	vibrasi lentur C-H dari -CH <sub>2</sub> -
5	1367,58	1367,58	0	CH <sub>3</sub> simetri
6	1060,88	1060,88	0	C-O ulur

Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.1, spektrum sejumlah puncak serapan menunjukkan sifat selulosa pada *nata de coco*. Hal ini seperti hasil penelitian yang dilakukan oleh Afrizal (2007) dimana gugus -OH dan C-O yang merupakan ciri khas selulosa berada pada bilangan gelombang berturut-turut adalah 3422,48 cm<sup>-1</sup> dan 1060,18 cm<sup>-1</sup>. Hasil yang hampir sama juga didapatkan pada penelitian Lindu dkk., (2008) dimana gugus -OH berada pada bilangan gelombang 3284,56 cm<sup>-1</sup> dan gugus C-O pada 1062,87 cm<sup>-1</sup>.

Pergeseran bilangan gelombang terjadi pada beberapa puncak setelah adsorpsi. Hal ini disebabkan karena terjadinya interaksi antara gugus-gugus adsorben (selulosa bakterial *nata de coco*) dengan komponen adsorbat (*Remazol Yellow FG*) (Liang et al., 2010). Gugus hidroksil (-OH) memiliki peran utama dalam adsorpsi *Remazol Yellow FG*. Meskipun pada spektrum FTIR adsorben selulosa bakterial *nata de coco* setelah adsorpsi masih

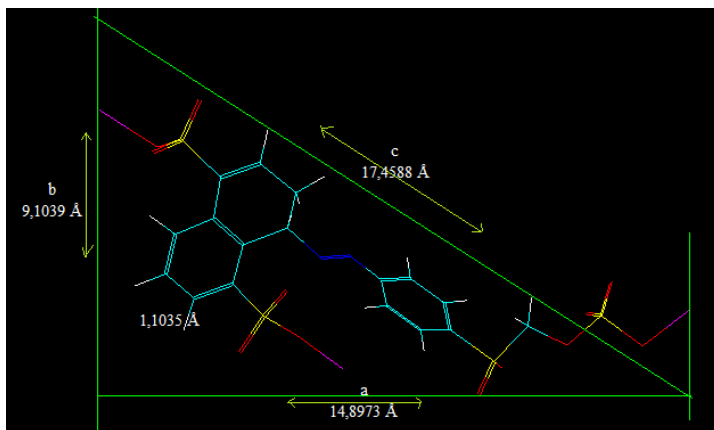
terlihat adanya serapan untuk gugus hidroksil (-OH), namun intensitasnya relatif berkurang dibandingkan sebelum adsorpsi, dimana intensitas sebelum adsorpsi adalah sebesar 23,834 dan setelah adsorpsi sebesar 12,660 (Lampiran K.2).

Berdasarkan hasil analisa antara spektrum FTIR pada adsorben selulosa bakterial *nata de coco* sebelum dan setelah adsorpsi, dapat disimpulkan bahwa adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* melibatkan gugus fungsi hidroksil (-OH).

#### 4.2.3 Analisa Luas Permukaan, Diameter dan Volume Pori

Berdasarkan data analisa distribusi ukuran pori dengan metode BJH (Lampiran K.3), maka luas permukaan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* adalah sebesar 1,662 m<sup>2</sup>/g, diameter pori sebesar 3,442 nm (tergolong padatan mesopori), dan volume pori sebesar 0,002 cm<sup>3</sup>/g.

Adsorpsi dapat terjadi apabila ukuran adsorben lebih besar dari ukuran adsorbat (Kirk and Orthmer, 1992). Pembuktian terjadinya proses adsorpsi dalam penelitian ini dilakukan dengan perhitungan penampang lintang dari *Remazol Yellow FG* sebagaimana terdapat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Penampang lintang *Remazol Yellow FG*

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa *Remazol Yellow FG* memiliki panjang penampang lintang berturut-turut sebesar 9,1039 Å; 14,8973 Å; dan 17,4588 Å. Panjang penampang lintang *Remazol Yellow FG* lebih kecil dari diameter pori adsorben yaitu sebesar 3,442 nm (34,42 Å) sehingga *Remazol Yellow FG* dapat teradsorpsi ke dalam pori adsorben selulosa bakterial *nata de coco*.

### 4.3 Hasil Adsorpsi Remazol Yellow FG

#### 4.3.1 Variasi pH Larutan *Remazol Yellow FG*

Proses adsorpsi dengan variasi pH dilakukan pada 15 mL larutan *Remazol Yellow FG* 100 mg/L pH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 dengan massa adsorben selulosa bakterial *nata de coco*  $\pm$  0,1000 gram. Proses adsorpsi dilakukan selama 45 menit menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 400 rpm.

Analisa filtrat hasil adsorpsi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 418 nm sehingga didapatkan data absorbansi. Data absorbansi selanjutnya digunakan untuk menghitung prosentase adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan persamaan linear yang diperoleh dari kurva kalibrasi pada lampiran D. Persamaan regresi linear yang diperoleh dari kurva kalibrasi yaitu  $y = 0,01453x + 0,00446$ . Sumbu-X merupakan konsentrasi dalam satuan mg/L dan sumbu-Y adalah absorbansi.

Hasil adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan variasi pH dapat dilihat pada Tabel 4.2. Dari Tabel 4.2 dibuat kurva variasi pH larutan *Remazol Yellow FG* terhadap prosentase adsorpsi *Remazol Yellow FG* sebagaimana pada Gambar 4.4.

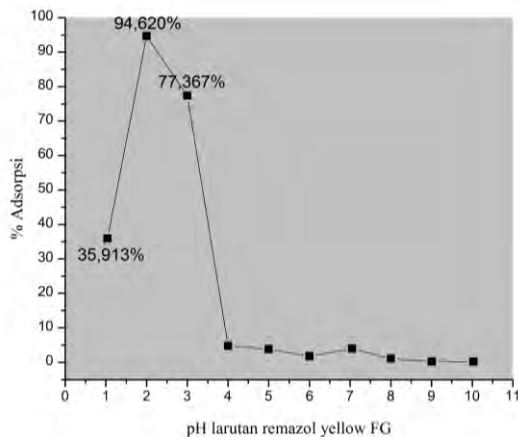
Dari Gambar 4.4 terlihat bahwa adsorpsi *Remazol Yellow FG* menggunakan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* optimum pada pH 2 dengan prosentase adsorpsi 94,620%. Artinya, adsorben selulosa bakterial *nata de coco* mampu mengadsorpsi larutan *Remazol Yellow FG* hingga konsentrasinya berkurang sebesar 94,620% dari konsentrasi awalnya sebelum adsorpsi.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada kondisi asam adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dapat mengadsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan baik, namun setelah pH 3, kemampuan

adsorpsinya mulai menurun, hal ini berarti kemampuan adsorpsi adsorben selulosa bakterial *nata de coco* sangat bergantung pada kondisi pH adsorbatnya (*Remazol Yellow FG*).

Tabel 4.2. Hasil adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dengan variasi pH adsorbat

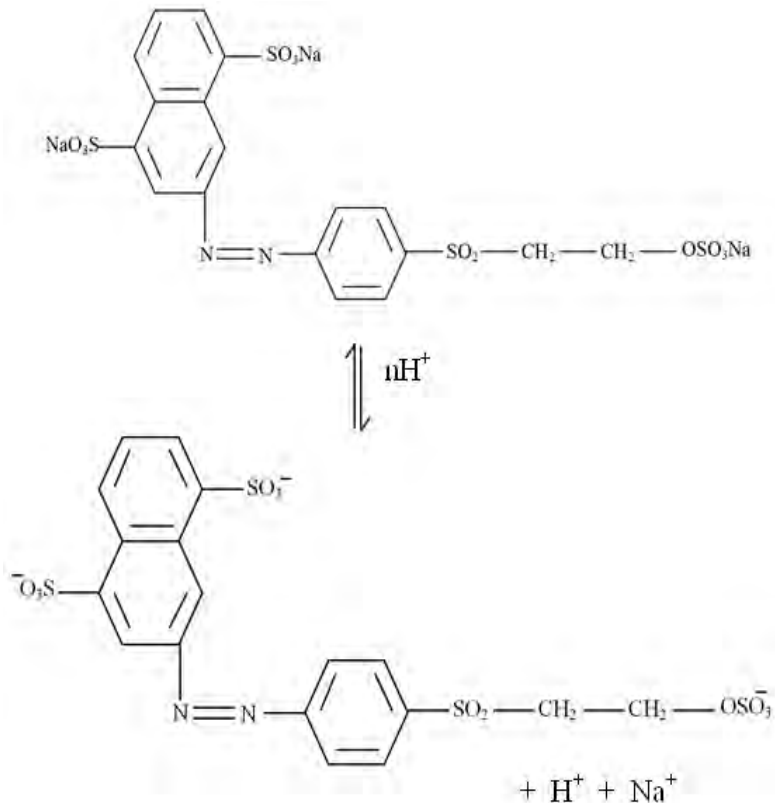
pH	% <i>Remazol Yellow FG</i> teradsorpsi	Kapasitas Adsorpsi (q) (mg/g)
1,04	35,913	2,705
2,00	94,620	11,264
3,00	77,367	11,046
4,00	4,815	0,712
5,00	3,843	0,547
6,00	1,797	0,259
7,05	4,008	0,578
8,00	1,094	0,155
9,01	0,284	0,041
10,03	0,223	0,031



Gambar 4.4. Kurva variasi pH larutan *Remazol Yellow FG* terhadap prosentase adsorpsi (kondisi: waktu kontak 45 menit, V = 15 mL, massa adsorben =

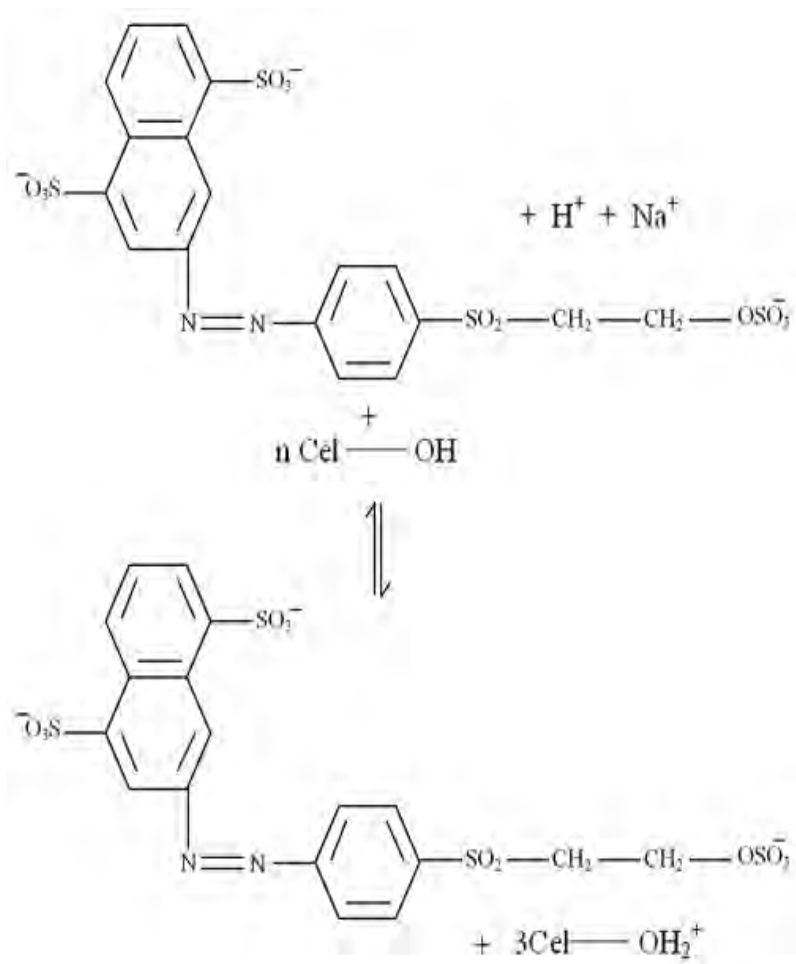
0,1000 gram, konsentrasi larutan 100 mg/L, kecepatan stirrer 400 rpm).

Pada kondisi asam, interaksi yang terjadi antara selulosa dengan zat warna yang bersifat anion (*anionic dye*) disebabkan karena terjadinya interaksi elektrostatik. Proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* sebagaimana terdapat pada Gambar 4.5, 4.6, dan 4.7.

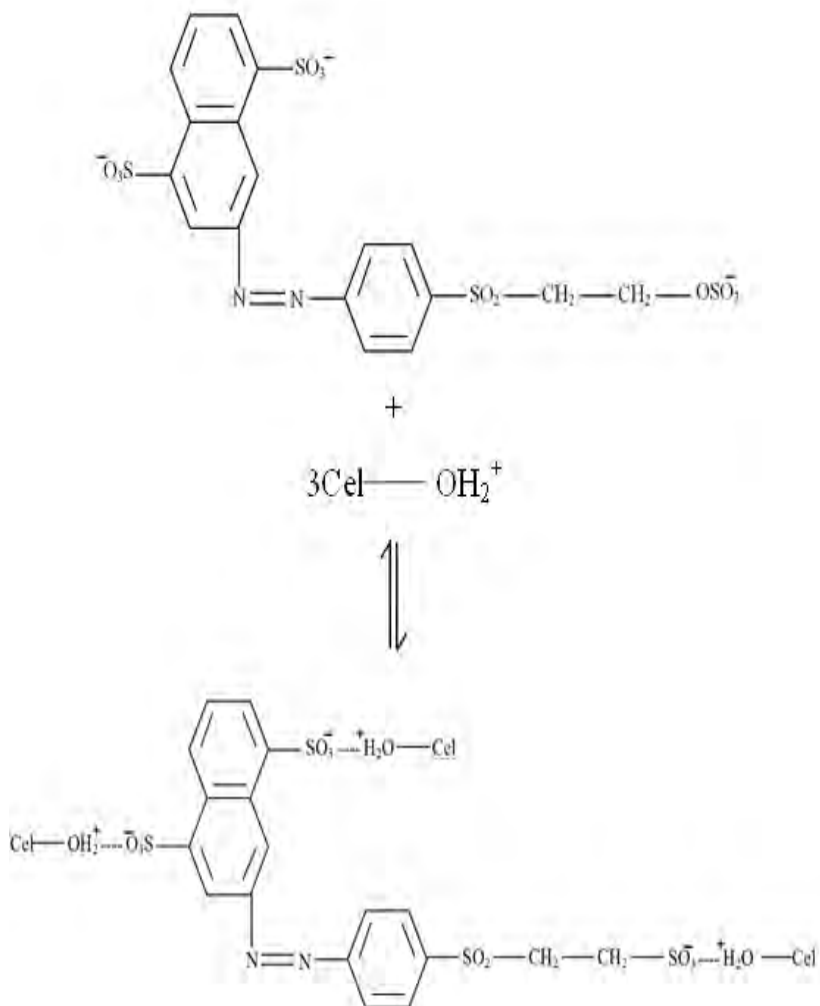


Gambar 4.5. Deprotonasi *Remazol Yellow FG*





Gambar 4.6. Protonasi permukaan adsorben selulosa bakterial *nata de coco*



Gambar 4.7. Interaksi *Remazol Yellow FG* dengan adsorben selulosa bakterial *nata de coco*.

Dari Gambar 4.5, 4.6, dan 4.7 dapat dijelaskan bahwa mekanisme adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa

bakterial *nata de coco* adalah, pertama zat warna dalam kondisi asam akan mengalami deprotonasi dan kemudian ketika selulosa ditambahkan kedalam larutan zat warna, permukaan selulosa akan mengalami protonasi terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan terjadinya interaksi elektrostatik yang menyebabkan terjadinya perpindahan zat warna dalam larutan menuju ke permukaan adsorben terprotonasi (Andrzejewska et al., 2007; Silva et al., 2012; Lucinaldo et al., 2015).

Pengaturan pH larutan berpengaruh terhadap muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi, stabilitas dan intensitas warna dari senyawa dalam larutan (Ada et al., 2009). Pada kondisi pH rendah ( $\text{pH} < 7$ ) terjadi netralisasi dari muatan negatif pada permukaan adsorben yang meningkatkan protonasi dan menghasilkan peningkatan aktifitas adsorpsi. Kondisi ini memungkinkan terjadinya difusi, sehingga situs aktif pada permukaan adsorben bertambah (Jain et al., 2003). Dengan demikian, semakin rendah pH adsorbat, maka proses adsorpsi semakin optimal karena terjadinya interaksi elektrostatik antara muatan negatif dari gugus fungsi pada zat warna dan muatan positif pada permukaan adsorben (Aksu and Tezer, 2004; Aksu and Isiloglu, 2007; dan Ergene et al., 2006). Selain dapat menetralisasi dan meningkatkan aktifitas adsorpsi, ion  $\text{H}^+$  yang ada dalam larutan juga dapat berfungsi sebagai ligan yang menjembatani ikatan antara gugus-gugus adsorben dengan molekul zat warna (Aksu and Tezer, 2004).

Pada kondisi pH 1 yang tingkat keasamannya lebih tinggi dari pH 2 prosentase adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* lebih kecil, hal ini dimungkinkan karena dalam kondisi pH 1 jumlah  $\text{H}^+$  yang ada dalam larutan terlalu jenuh, akibatnya ia akan ikut berkompetisi dengan senyawa zat warna dalam larutan untuk berikatan dengan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* yang mengandung selulosa dan membentuk ikatan hidrogen sehingga *Remazol Yellow FG* yang terjerap dalam adsorben akan berkurang dibandingkan pada kondisi pH 2.

Pada kondisi pH tinggi ( $\text{pH} > 7$ ), jumlah ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) dalam larutan akan meningkat. Peningkatan ion  $\text{OH}^-$  dalam larutan akan memperbanyak muatan negatif yang ada dalam sistem adsorpsi, sehingga dapat menyebabkan terjadinya tolakan elektrostatis antara muatan negatif dari zat warna dalam larutan dengan muatan negatif dari adsorben selulosa bakterial *nata de coco*. Akibat dari tolakan elektrostatis adalah penurunan kemampuan adsorpsi adsorben (Zawani et al., 2009).

Kondisi optimum adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan adsorben yang mengandung selulosa terjadi pada pH 2 juga sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati dkk., (2003) yang melakukan proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben enceng gondok (sumber selulosa) dengan aktivator NaOH.

Penelitian tentang adsorpsi zat warna azo yang mengandung gugus pelarut sulfonat optimum terjadi pada pH 2 juga telah dilakukan oleh Zawani et al., (2009) dimana dalam penelitiannya zat warna azo yang digunakan adalah *Remazol Black 5* dengan menggunakan adsorben kulit biji palem. Hasil yang serupa juga didapatkan oleh Aysun et al., (2009) dalam penelitiannya, adsorpsi zat warna (*Reactive Blue 19*) dengan adsorben berupa alga hijau jenis *Scenedesmus quadricauda* juga optimum terjadi pada pH 2.

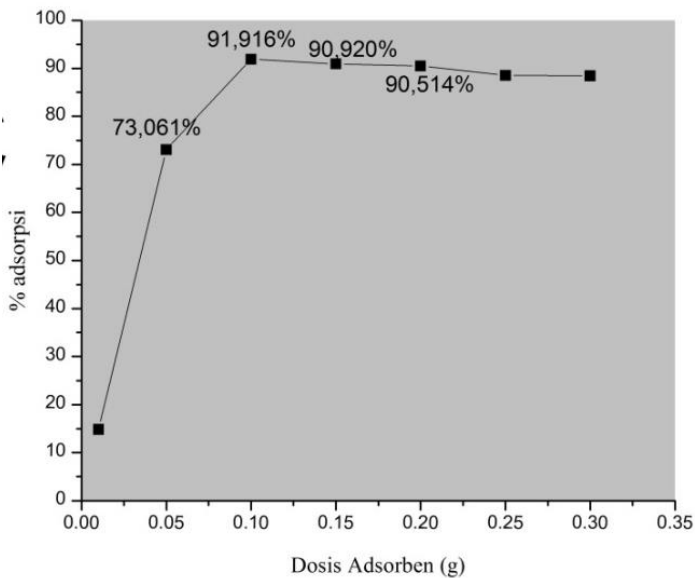
#### **4.3.2 Variasi Dosis Adsorben Selulosa Bakterial *Nata de Coco***

Proses adsorpsi dengan variasi dosis adsorben dilakukan dalam 15 mL larutan *Remazol Yellow FG* 100 mg/L pH 2 dengan massa adsorben  $\pm 0,0100$ ; 0,0500; 0,1000; 0,1500; 0,2000; 0,2500; dan 0,3000 gram. Proses adsorpsi dilakukan selama 45 menit menggunakan stirrer dengan kecepatan 400 rpm. Hasil analisa adsorpsi dengan variasi dosis adsorben dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Dari Tabel 4.3 dibuat kurva variasi dosis adsorben terhadap prosentase adsorpsi *Remazol Yellow FG* sebagaimana pada Gambar 4.8.

Tabel 4.3. Hasil adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* pada variasi dosis adsorben

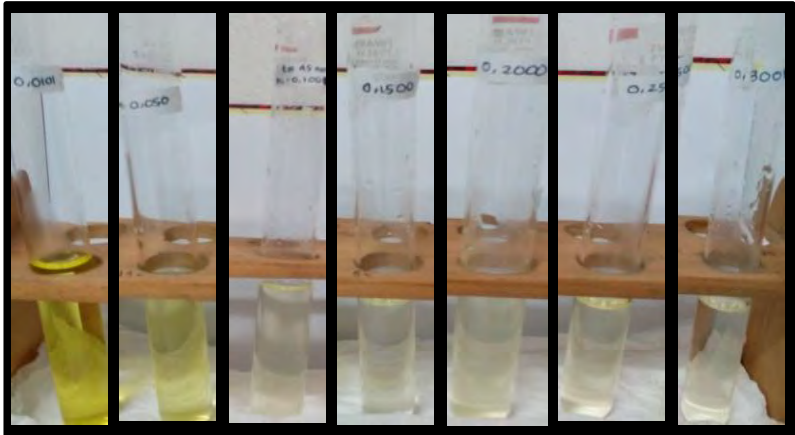
Dosis Adsorben (g)	% <i>Remazol Yellow FG</i> teradsorpsi	Kapasitas Adsorpsi (q) (mg/g)
0,0100	14,833	20,750
0,0500	73,061	20,441
0,1000	91,916	12,858
0,1500	90,920	8,479
0,2000	90,514	6,331
0,2500	88,522	4,953
0,3000	88,448	4,124



Gambar 4.8. Kurva variasi dosis adsorben terhadap prosentase adsorpsi (kondisi: waktu kontak 45 menit,  $V = 15$  mL, konsentrasi larutan 100 mg/L, kecepatan stirrer 400 rpm).

Dosis adsorben memiliki kontribusi yang tinggi pada proses interaksi adsorben-adsorbat karena proses adsorpsi sangat bergantung pada jumlah sisi aktif yang tersedia pada permukaan adsorben (Mohamed et al., 2016). Dari Gambar 4.8 terlihat bahwa prosentase adsorpsi optimum terjadi pada dosis adsorben 0,1000 gram dengan prosentase adsorpsi sebesar 91,916% dan kapasitas adsorpsi 12,858 mg/g. Pada penggunaan dosis adsorben yang lebih besar dari 0,1000 gram, sedikit-demi sedikit mengalami penurunan prosentase dan kapasitas adsorpsi. Hal ini disebabkan karena pada variasi dosis adsorben 0,1500; 0,2000; 0,2500 dan 0,3000 gram dalam volume larutan yang sama (15 mL) semakin banyak adsorben yang digunakan, proses adsorpsi terjadi semakin cepat karena pori adsorben semakin banyak, sehingga untuk dosis adsorben lebih besar dari 0,1500 gram proses adsorpsi tidak membutuhkan waktu kontak yang lama (kurang dari 45 menit) untuk dapat mengadsorp larutan *Remazol Yellow FG* secara maksimal. Namun karena waktu kontak adsorpsi pada kondisi ini dibuat tetap sehingga ketika proses adsorpsi sudah terjadi secara maksimal dan masih dilanjutkan hingga 45 menit memungkinkan terjadinya pelepasan kembali *Remazol Yellow FG* yang telah terikat dengan selulosa bakterial *nata de coco*.

Hal ini disebabkan karena terjadinya *swelling* yang ditandai dengan mengembangnya adsorben selulosa bakterial *nata de coco*. *Swelling* terjadi karena *nata de coco* mengadsorp sejumlah air atau cairan dalam periode waktu tertentu (Nadia et al., 2012). Ketika periode waktu adsorpsi cukup lama maka *Remazol Yellow FG* yang sebelumnya telah teradsorp oleh selulosa bakterial *nata de coco* sebagian akan digantikan oleh air dengan jumlah yang lebih banyak. Hasil akhir adsorpsi dengan variasi dosis adsorben sebagaimana terdapat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Filtrat Hasil Adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh Adsorben Selulosa Bakterial *Nata De Coco* pada Variasi Dosis Adsorben

Selain disebabkan karena *swelling*, pada dosis adsorben yang terlalu besar juga memungkinkan terjadinya penyumbatan sisi aktif dari adsorben, sehingga menyebabkan terjadinya tolakan elektrostatis antar gugus fungsi yang serupa pada adsorben (Salleh et al., 2011). Penyumbatan sisi aktif pada adsorben dapat mengganggu proses adsorpsi dan menyebabkan terjadinya penurunan prosentase adsorpsi.

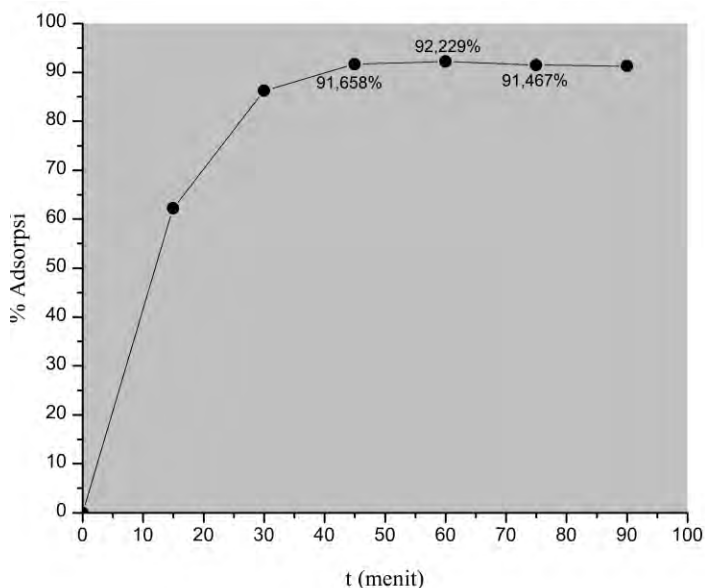
#### 4.3.3 Variasi Waktu Kontak

Proses adsorpsi dengan variasi waktu kontak dilakukan pada 15 mL larutan *Remazol Yellow FG* 100 mg/L pH 2 dengan massa adsorben  $\pm 0,1000$  gram. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 menit menggunakan stirrer dengan kecepatan 400 rpm.

Hasil analisa adsorpsi dengan variasi waktu kontak dapat dilihat pada Tabel 4.4. Selanjutnya dari Tabel 4.4 dibuat kurva variasi waktu kontak terhadap prosentase adsorpsi *Remazol Yellow FG* sebagaimana pada Gambar 4.10.

Tabel 4.4. Hasil adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* pada variasi waktu kontak

Waktu kontak (menit)	% <i>Remazol Yellow FG</i> teradsorpsi	Kapasitas Adsorpsi (q) (mg/g)
15	62,223	8,426
30	86,251	11,680
45	91,658	12,412
60	92,229	12,490
75	91,467	12,386
90	91,315	12,378



Gambar 4.10. Kurva variasi waktu kontak terhadap prosentase adsorpsi (kondisi: dosis adsorben 0,1 gram,  $V = 15$  mL, konsentrasi larutan 100 mg/L, pH = 2).



Pada Gambar 4.10 terlihat bahwa semakin lama waktu adsorpsi, maka semakin besar pula prosentase *Remazol Yellow FG* yang teradsorpsi oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco*. hal tersebut disebabkan karena semakin lama molekul-molekul adsorbat berinteraksi dengan adsorben, maka semakin banyak pula kemungkinan molekul-molekul adsorbat yang akan terserap oleh adsorben. Karena dalam penelitian proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan *stirrer*, maka berlaku pula teori tumbukan adsorben-adsorbat, dimana kecepatan reaksi bergantung pada jumlah tumbukan per satuan waktu. Semakin banyak tumbukan yang terjadi maka reaksi semakin cepat berlangsung sampai terjadi kondisi kesetimbangan (Windasari, 2009).

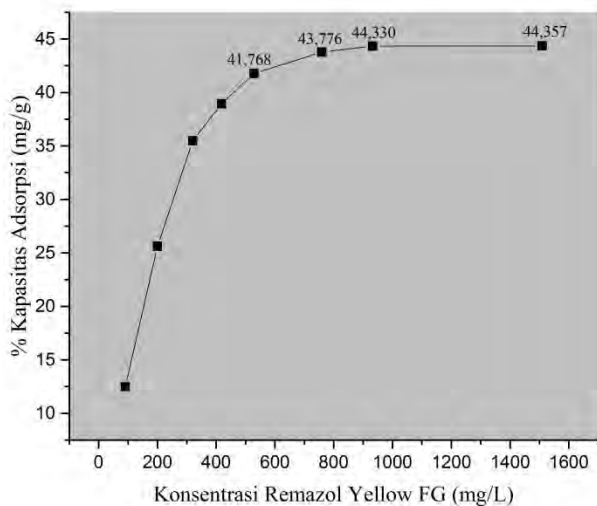
15 menit pertama menunjukkan prosentase adsorpsi yang paling rendah yaitu sebesar 62,223%, hasil ini menunjukkan pada waktu kontak 15 menit belum semua *Remazol Yellow FG* dalam larutan teradsorpsi ke dalam adsorben selulosa bakterial *nata de coco*. Pada waktu kontak 30 menit mulai terjadi peningkatan prosentase adsorpsi yang cukup signifikan. Prosentase adsorpsi *Remazol Yellow FG* meningkat hingga menit ke 45 dan diperoleh prosentase adsorpsi dengan nilai konstan pada waktu kontak 45, 60, 75 dan 90 menit. Adsorpsi maksimum terjadi pada menit ke 60 dengan prosentase sebesar 92,229% dan kapasitas adsorpsi sebesar 12,490 mg/g. Penentuan waktu kontak kesetimbangan diperoleh melalui uji T untuk waktu kontak 45 menit – 60 menit dan 60 menit – 75 menit seperti pada lampiran G. Hasil uji T menyatakan bahwa tidak ada perbedaan hasil adsorpsi *Remazol Yellow FG* yang signifikan pada waktu kontak 45, 60, dan 75 menit, sehingga dalam penelitian ini waktu kesetimbangan dipilih pada menit ke 60 yang merupakan waktu kontak optimum.

#### **4.3.4 Variasi Konsentrasi Larutan *Remazol Yellow FG***

Hasil analisa adsorpsi dengan variasi konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 4.5. Selanjutnya dari Tabel 4.5 menghasilkan kurva variasi waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi *Remazol Yellow FG* sebagaimana pada Gambar 4.11.

Tabel 4.5. Hasil adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* pada variasi konsentrasi adsorbat

Konsentrasi <i>Remazol Yellow</i> <i>FG</i> (mg/L)	% <i>Remazol Yellow</i> <i>FG</i> teradsorpsi	Kapasitas Adsorpsi (q) (mg/g)
90,370	92,229	12,490
200,117	85,382	25,604
320,399	73,835	35,485
418,128	62,098	38,947
528,933	52,697	41,768
759,174	38,441	43,776
932,608	31,689	44,330
1509,085	19,615	44,357



Gambar 4.11. Kurva variasi konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi (kondisi: dosis adsorben 0,1000 gram,  $V = 15$  mL,  $\text{pH} = 2$ , waktu kontak 60 menit).

Dari Tabel 4.5 terlihat bahwa Prosentase adsorpsi menurun seiring dengan naiknya konsentrasi adsorbat dari 90,370 mg/L hingga 1509,085 mg/L dengan prosentase adsorpsi sebesar 92,229% dan 38,441%. Akan tetapi kapasitas adsorpsi yang menyatakan jumlah zat warna (mg) yang teradsorpsi dalam setiap gram adsorben semakin meningkat dengan naiknya konsentrasi hingga maksimum pada konsentrasi 1509,085 mg/L dengan kapasitas adsorpsi sebesar 44,357 mg/g.

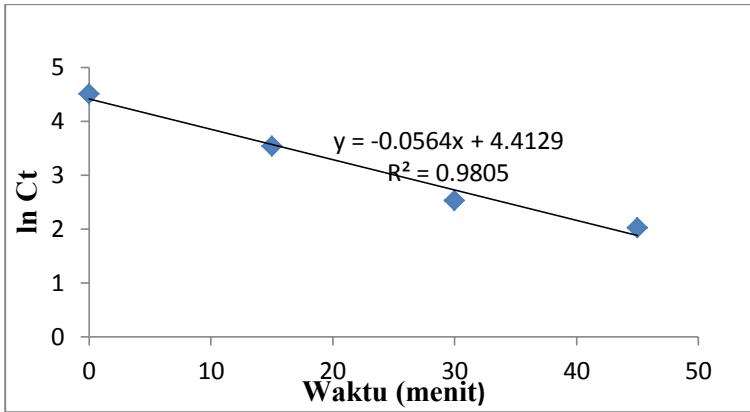
Kapasitas adsorpsi adsorben selulosa bakterial *nata de coco* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi adsorbat. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi adsorbat maka senyawa/zat warna yang ada dalam larutan juga akan semakin banyak, sehingga dengan kadar zat warna yang tinggi tersebut dapat mengurangi terjadinya hambatan pada transfer massa zat warna dari adsorbat ke permukaan adsorben (Amin, 2008).

Linearitas pola isothermal adsorpsi variasi konsentrasi *Remazol Yellow FG* terhadap jumlah konsentrasi teradsorpsi dapat diuji dengan isothermal adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

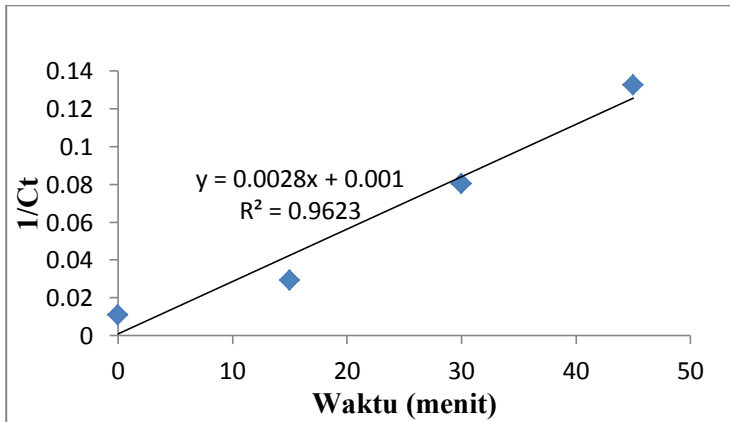
#### 4.4 Kinetika Adsorpsi

Studi kinetika adsorpsi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jalur atau tingkat perpindahan molekul dari larutan ke dalam pori-pori adsorben yang terjadi pada proses adsorpsi. Selain itu, kinetika adsorpsi juga memberikan informasi tentang proses penyerapan suatu zat oleh adsorben dalam fungsi waktu. Pada penelitian ini dilakukan analisa kinetika adsorpsi menggunakan model kinetika reaksi orde satu, orde dua, orde satu semu dan orde dua semu. Kesesuaian model kinetika adsorpsi dapat diidentifikasi dari nilai  $R^2$ , jika nilainya mendekati 1 mengindikasikan bahwa model tersebut sesuai dengan proses adsorpsi yang terjadi dalam penelitian.

Perhitungan orde satu dan orde dua telah dilakukan dengan menggunakan data variasi waktu kontak sebagaimana terdapat pada lampiran F hingga diperoleh grafik pada Gambar 4.12 dan 4.13.

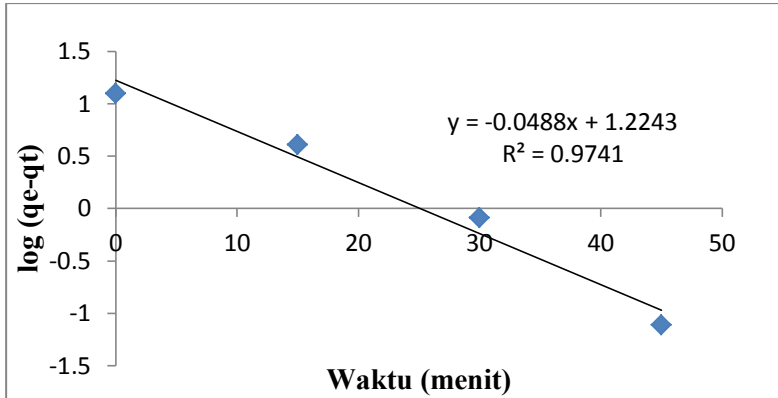


Gambar 4.12. Grafik kinetika orde satu adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan adsorben selulosa bakterial *nata de coco*

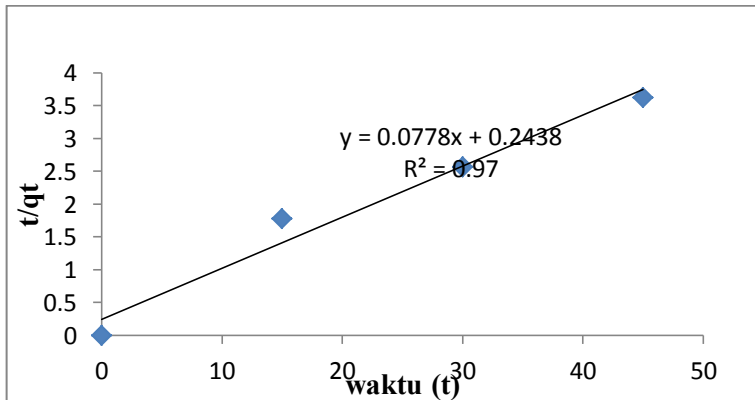


Gambar 4.13. Grafik kinetika orde dua adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan adsorben selulosa bakterial *nata de coco*

Perhitungan orde satu semu telah dilakukan seperti terdapat pada lampiran F hingga diperoleh grafik orde satu semu dan orde dua semu seperti pada Gambar 4.14 dan 4.15.



Gambar 4.14. Grafik kinetika orde satu semu adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan adsorben selulosa bakterial *nata de coco*



Gambar 4.15. Grafik kinetika orde dua semu adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan adsorben selulosa bakterial *nata de coco*

Model kinetika adsorpsi *Remazol Yellow FG* menggunakan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* ditentukan dengan membandingkan nilai  $R^2$  dari masing-masing grafik kinetika orde reaksi seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Perbandingan  $R^2$  dan konstanta masing-masing orde reaksi

Model Kinetika	$R^2$	K	$q_e$
Orde 1	0,9805	0,0564	-
Orde 1 semu	0,9741	0,1120	16,761 mg/g
Orde 2	0,9623	0,0028	-
Orde 2 semu	0,9700	0,0248	12,853 mg/g

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dikatakan bahwa adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* mengikuti model kinetika adsorpsi orde satu karena memiliki nilai  $R^2$  yang paling baik. Hal ini berarti bahwa hanya satu variabel yang mempengaruhi proses adsorpsi, yaitu hanya adsorbat atau adsorbennya saja.

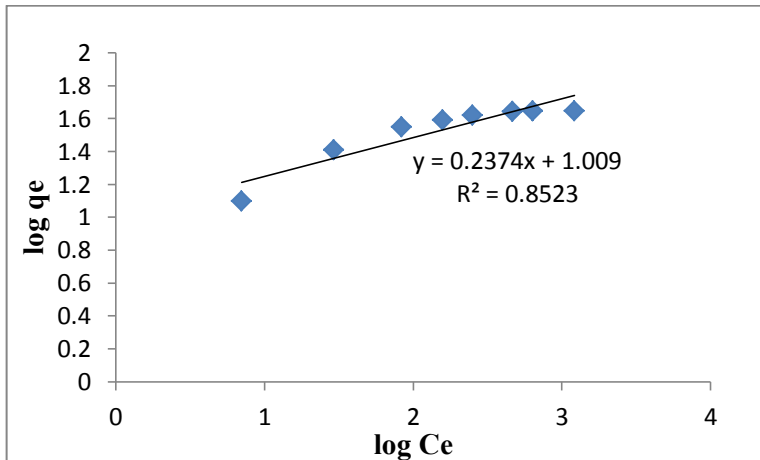
Apabila mengikuti persamaan Langergren yang mengusulkan persamaan orde satu semu dan dua semu yang khusus digunakan untuk adsorpsi dengan sistem padat-cair, maka model kinetika yang sesuai adalah orde satu semu karena memiliki nilai  $R^2$  yang lebih bagus dari orde dua semu. Orde satu semu berarti proses adsorpsi dipengaruhi oleh dua variabel yaitu adsorbat dan adsorben, namun terdapat pengaruh salah satu variabel yang lebih dominan antara adsorben atau adsorbatnya.

Model kinetika orde satu semu adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa juga telah dibuktikan dalam penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati dkk., (2003) yang meneliti bahwa adsorpsi *Remazol Yellow FG* menggunakan adsorben eceng gondok (sumber selulosa) dengan aktivator NaOH mengikuti model kinetika orde satu semu. Selain itu, Zawani et al., (2009) juga telah melakukan penelitian terkait adsorpsi zat warna azo yang juga mengandung gugus pelarut sulfonat

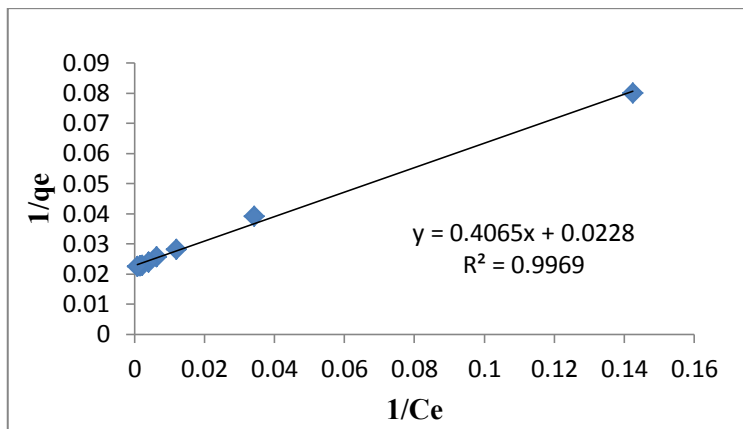
(*Remazol Black 5*) dengan menggunakan adsorben kulit biji palem mengikuti model kinetika orde satu semu.

#### 4.5 Adsorpsi Isotermal

Dalam penelitian ini model adsorpsi isotermal yang akan dibahas ada dua, yaitu adsorpsi isotermal Freundlich dan Langmuir. Data yang digunakan untuk menentukan model adsorpsi isotermal adalah data hasil variasi konsentrasi *Remazol Yellow FG*. Perhitungan adsorpsi isotermal telah dilakukan sebagaimana terdapat pada lampiran I. Berdasarkan Tabel I.1 pada lampiran I, dapat dibuat kurva adsorpsi isotermal Freundlich dan Langmuir seperti pada Gambar 4.16 dan 4.17, dimana pada kurva adsorpsi isotermal Freundlich nilai  $\log C_e$  berfungsi sebagai sumbu-X, dan  $\log q_e$  sebagai sumbu-Y. Pada kurva adsorpsi isotermal Langmuir, nilai  $1/C_e$  berfungsi sebagai sumbu-X dan  $1/q_e$  sebagai sumbu-Y.



Gambar 4.16. Kurva adsorpsi isotermal Freundlich dari adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan adsorben selulosa bakterial *nata de coco*.



Gambar 4.17. Kurva adsorpsi isotermal Langmuir dari adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan adsorben selulosa bakterial *nata de coco*.

Model isotermal adsorpsi *Remazol Yellow FG* menggunakan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* ditentukan dengan membandingkan nilai  $R^2$  dan konstanta isotermalnya dari grafik adsorpsi isotermal Freundlich dan Langmuir seperti pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Perbandingan  $R^2$  dan konstanta isotermal Freundlich dan Langmuir

Model adsorpsi isotermal	$R^2$	Konstanta
Freundlich	0,8523	$K_F = 10,209 \text{ L/g}$ $1/n = 0,2374$
Langmuir	0,9969	$K_L = 43,860 \text{ L/mg}$ $b = 0,056 \text{ mg/g}$

Berdasarkan Tabel 4.7 terlihat bahwa kurva adsorpsi isotermal Langmuir lebih linear dibandingkan dengan kurva adsorpsi isotermal Freundlich, sehingga adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* mengikuti



model isothermal Langmuir. Isothermal Langmuir digunakan untuk proses adsorpsi *monolayer* pada permukaan adsorben yang bersifat homogen. Pada kondisi ini adsorpsi terjadi pada sisi yang spesifik dari adsorben (Lucinaldo et al., 2015).

Berdasarkan hasil analisa BJH sebagaimana terdapat pada 4.2.3, permukaan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* memiliki ukuran diameter dan volume pori. Artinya, pada permukaan adsorben terdapat rongga atau pori-pori yang dalam proses adsorpsi akan menyerap zat warna *Remazol Yellow FG*. Hal ini membuktikan bahwa adsorpsi *Remazol Yellow FG* lebih cenderung mengikuti model isothermal Langmuir, dimana adsorbat teradsorpsi pada sisi yang spesifik dari permukaan adsorben.

Nilai regresi ( $R^2$ ) dari model isothermal Langmuir dan Freundlich yang tidak berbeda jauh memungkinkan dalam proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* terjadi 2 fenomena yaitu kemisorpsi dan fisisorpsi, dimana kemisorpsi lebih dominan dari fisisorpsi. Hal tersebut sesuai dengan teori yang diungkapkan oleh Atkins dan Paula (2006), dimana fenomena kemisorpsi dapat terjadi karena adanya fenomena fisisorpsi yang memulai. Maksud dari ungkapan tersebut adalah pada proses adsorpsi, mula-mula partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau melalui ikatan hidrogen (fenomena fisisorpsi). Selanjutnya partikel-partikel yang melekat pada permukaan adsorben akan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) antara adsorbat dan adsorben. Adsorbat memasuki pori-pori adsorben dan hanya terbentuk satu lapis (*monolayer*) (Arulkumar et al., 2012 dan Said, 2010). Proses adsorpsi yang berlangsung secara kimia ini menyebabkan adsorben cepat dalam kondisi jenuh sehingga ketika konsentrasi maupun waktu kontak dinaikkan, adsorbat yang terserap oleh adsorben jumlahnya tetap sama.

Model isothermal adsorpsi *Remazol Yellow FG* menggunakan selulosa bakterial *nata de coco* sebagai adsorben yang cenderung mengikuti model adsorpsi isothermal Langmuir ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati dkk., (2003) yang

meneliti bahwa adsorpsi *Remazol Yellow FG* menggunakan adsorben eceng gondok (sumber selulosa) dengan aktivator NaOH mengikuti persamaan isothermal Langmuir. Hasil yang sama juga didapatkan dari penelitian adsorpsi *anionic dye* oleh permukaan selulosa termodifikasi dengan aminoetanetiol yang dilakukan oleh Lucinaldo et al., (2015) dimana dalam penelitiannya proses adsorpsi mengikuti model isothermal Langmuir.

#### 4.6 Adsorpsi *Remazol Yellow FG* dalam Limbah Batik Tulis

Limbah batik tulis diambil dari griya batik tulis di desa Sendangagung Paciran Lamongan dalam keadaan limbah tersebut belum diolah. Pada limbah batik tulis yang mengandung *Remazol Yellow FG* sebelum dilakukan proses adsorpsi terlebih dahulu dilakukan analisa konsentrasi dan pH. Untuk adsorpsi *Remazol Yellow FG* dalam limbah batik tulis dilakukan dengan proses adsorpsi oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* pada kondisi optimum (pH 2, massa adsorben 0,1000 gram, volume limbah 15 mL, waktu kontak 60 menit). Filtrat hasil adsorpsi selanjutnya dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Analisa *Remazol Yellow FG* dalam limbah batik tulis telah dilakukan dengan perhitungan pada lampiran J. Data analisa limbah batik tulis sebelum dan setelah proses adsorpsi sebagaimana terdapat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil analisis *Remazol Yellow FG* dalam limbah batik tulis

Kondisi awal		Kondisi pH	Setelah Adsorpsi			
$C_{awal}$ (mg/L)	pH		$C_{teradsorp}$ (mg/L)	$C_{sisa}$ (mg/L)	% Adsorpsi	q (mg/g)
1110,702	10,44	10,44	6,022	1104,68	0,542	0,903
		2.03	294,405	816,297	26,506	44,161

Dari Tabel 4.8 terlihat bahwa limbah batik tulis yang dianalisa mengandung *Remazol Yellow FG* dengan konsentrasi 1110,702 mg/L dan pH limbah cukup tinggi yaitu 10,44. Setelah

dilakukan adsorpsi pada dua kondisi yang berbeda (tanpa pengaturan pH dan dengan pengaturan pH optimum) didapatkan hasil yang sangat berbeda, dimana proses adsorpsi tanpa pengaturan pH optimum menghasilkan prosentase adsorpsi yang sangat kecil (0,542%) dengan kapasitas adsorpsi yang sangat kecil pula (0,903 mg/g). Berbeda jauh dengan proses adsorpsi yang sebelumnya dilakukan pengaturan pH limbah hingga pH optimum (pH 2), adsorben selulosa bakterial *nata de coco* mampu mengadsorpsi *Remazol Yellow FG* dalam limbah batik tulis dengan prosentase adsorpsi 26,506% dan kapasitas adsorpsi 44,161 mg/g. Hasil kapasitas adsorpsi yang didapatkan dari adsorpsi *Remazol Yellow FG* pada limbah sesuai dengan kapasitas adsorpsi *Remazol Yellow FG* murni pada variasi konsentrasi, yaitu berkisar sekitar 44 mg/g.

Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati (2013), pada proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* dari limbah tekstil batik pada kondisi pH optimum 2 dengan menggunakan adsorben eceng gondok (yang mengandung selulosa) dengan aktivator NaOH menghasilkan kapasitas adsorpsi yang cukup kecil (4,44 mg/g) jika dibandingkan dengan kapasitas adsorpsi adsorben selulosa bakterial *nata de coco* dalam penelitian ini. Hal ini berarti kemampuan adsorpsi adsorben selulosa bakterial *nata de coco* lebih baik daripada eceng gondok yang juga mengandung serat selulosa.

***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* memperoleh hasil:

1. Karakteristik adsorben selulosa bakterial *nata de coco* adalah sebagai berikut:
  - a. Kadar air sebesar 0,664 %,
  - b. Memiliki gugus hidroksil (OH), karboksil, dan C-O eter
  - c. Memiliki luas permukaan sebesar 1,662 m<sup>2</sup>/g, diameter pori sebesar 3,442 nm, dan volume pori sebesar 0,002 cm<sup>3</sup>/g
2. Kondisi optimum adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* terjadi pada pH 2, dosis adsorben 0,1000 gram, waktu kontak 60 menit, dan konsentrasi adsorbat 1509,085 mg/L dengan kapasitas adsorpsi sebesar 44.357 mg/g
3. Kinetika adsorpsi *Remazol Yellow FG* menggunakan adsorben selulosa bakterial *nata de coco* mengikuti model orde satu ( $k = 0,112 \text{ menit}^{-1}$ ) dan adsorpsi isotermalnya mengikuti model isotermal Langmuir dengan nilai  $K_L = 43,860 \text{ L/mg}$  dan  $b = 0,056 \text{ mg/g}$
4. Adsorben selulosa bakterial *nata de coco* mampu mengadsorpsi *Remazol Yellow FG* dalam limbah batik tulis dengan prosentase adsorpsi sebesar 26,506% dan kapasitas adsorpsi sebesar 44,161 mg/g.

#### **5.2 Saran**

Penelitian adsorpsi *Remazol Yellow FG* menggunakan adsorben selulosa bakterial *Nata de Coco* perlu dilanjutkan dengan variasi waktu fermentasi dan preparasi adsorben untuk memperoleh kondisi yang bagus untuk penanganan limbah tekstil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, J., Sahu, J., Sahoo, B., Mohanty, C., Meikap, B., 2009. Removal of Chromium (VI) from Wastewater by Activated Carbon Developed from Tamarind Wood Activated with Zinc Chloride 150, 25–39.
- Ada, K., Gokgoz, M., Onal, Y., Sarikaya, 2009. Preparation and Characterization of a ZnO Powder with the Hexagonal Plate Particle. *Powder Technology* 181, 285–291.
- Afrizal, 2007. Selulosa Bakterial Nata De Coco sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi Logam Cr(III). *Jurnal Gradien* 4, 308.
- Ahmad, F., Daud, W., Ahmad, M., Radzi, R., 2012. Cocoa (*Theobroma cacao*) Shell-based Activated Carbon by CO<sub>2</sub> Activation in Removing of Cationic Dye from Aqueous Solution: Kinetics and Equilibrium Studies. *Chemical Engineering* 90, 1480–1490.
- Aksu, Z., Isiloglu, I., 2007. Use of dried sugar beat pulp for binary biosorption of Remazol Turquoise Blue-G Reactive Dye and Copper (II) Ions: Equilibrium Modelling. *Chemical Engineering* 127, 177–188.
- Aksu, Z., Tezer, S., 2004. Biosorption of Reactive Dyes on the Green Alga *Chlorella vulgaris*. *Process Biochem* 40, 1347–1361.
- Albanis, T., Hela, T., Sakellarides, Danis, T., 2000. Removal of Dye from Aqueous Solution by Adsorption on Mixtures of Fly Ash and Soil in Batch and Column Techniques. *Global Nest. The Int. J* 2, 237–244.
- Amin, N., 2008. *Desalination* 223, 152.
- Amri, A., Supranto, Fahrurrozi, M., 2004. *Keseimbangan*

- Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd(II) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2 Merkaptobenzotiazol. *J. Natur Indonesia* 112.
- Andrzejewska, A., Krysztafkiewicz, K., Jesionowski, T., 2007. Treatment of Textile Dye Wastewater Using Modified Silica. *Dye Pigments* 116–124.
- Arulkumar, M., Thirumalai, K., Sathishkumar, P., Palvanan, T., 2012. Rapid Removal of Chromium from Aqueous Solution Using Novel Prawn Shell Activated Carbon. *Chemical Engineering* 178–186.
- Atkins, P., Paula, J., 2006. *Physical Chemistry*, 8th ed. W.H. Freeman and Company, New York.
- Aysun, E., Kezban, A., Sema, T., Hikmet, K., 2009. Removal of Remazol Brilliant Blue R Dye from Aqueous Solutions by Adsorption onto Immobilized *Scenedesmus quadricauda* : Equilibrium and Kinetic Modeling Studies. *Journal of Desalination* 1308–1314.
- Bird, T., 1993. *Kimia Fisika untuk Universitas Alih Bahasa*. Kwee Ie Tjien. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Budhiono, B., Rosidi, Taher, M., Iguchi, M., 1999. Kinetic Aspects of Bacterial Cellulose Formation in Nata De Coco Culture System. *Carbohydrate Polymers* 40, 137–143.
- Chairat, M., Rattanaphani, S., Bremner, J., Rattanaphani, V., 2006. Adsorption Kinetic of Lac Dyeing on Cotton. *Journal of Hazardous Materials* 1–5.
- Chatterjee, D., Patnama, V., Sikdar, A., Joshi, P., Misra, R., Rao, N., 2008. Kinetics of The Decoloration of Reactive Dyes Over Visible Light Irradiated TiO<sub>2</sub> Semiconductor

- Photocatalyst. *Journal of Hazardous Materials* 156, 435–441.
- Chen, K., Huang, J., Wu, J., Houg, 1999. Microbial Decolorization of Azo Dyes by *Proteus Micrbilis*. *J. Ind. Microbial. Biotech* 23.
- Darmawan, A., Pradipta, A., 2015. Characterization of Nata De Coco Produced by Fermentation of Immobilized *Acetobacter xylinum*. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 3, 278–282.
- Day, R., Underwood, A., 2002. Analisis Kimia Kuantitatif Edisi ke enam. Erlangga, Jakarta.
- Demarchi, C., Debrassi, A., Buzzi, F., Nedelko, N., Waniewska, A., Dluzewski, P., Magro, J., Scapinello, J., Rodrigues, C., 2015. Adsorption of the Dye Remazol Red 198 (RR198) by O-carboxymethylchitosan-N-laurtl/ $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Magnetic Nanoparticles. *Arabian Journal of Chemistry* Article in Press.
- Ergene, A., Guler, P., Tan, S., Mirici, S., Hamzaoglu, E., Duran, A., 2006. Antibacterial and Antifungal Activity of *Heracleum sphondylium* subsp. *Artvinense*. *African Journal of Biotechnology* 5, 1087–1089.
- Fadilah, N., 2013. Penurunan Kadar Ion Cd<sup>2+</sup> Dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif dari Tempurung Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L) (Skripsi). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Faqih, A., 2010. Penurunan Kadar Zat Warna Remazol Yellow FG Menggunakan Adsorben Semen Portland (Skripsi). Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Fitria, R., Rochmi, I., Sentot, B., 2012. Catalyst Tablet of Cu-



- TiO<sub>2</sub>/Graphite for Photo and Electro Assisted Degradation of Remazol Yellow FG. *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia* 8, 1–15.
- Harisman, F., Sugiarso, D., 2014. Pengaruh Waktu Penggilingan Terhadap Kadar Zat Besi dalam Ampas Sari Kedelai Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Sains dan Seni POMITS* 3, 2337–3520.
- Hassani, A., Alidokht, A., Khataee, K., 2014. Optimization of Comparative Removal of Two Structurally Different Basic Dyes Using Coal as a Low-cost and Available Adsorbent. *J. Taiwan Unst. Chemical Engineering* 45, 1597–1607.
- Hendayana, S., 1994. *Kimia Analitik Instrumen Edisi kesatu*. IKIP Semarang Press, Semarang.
- Hermana, J., Boedisantoso, R., 2011. *Adsorpsi*.
- Hidayah, N., 2010. Pengaruh Konentrasi Tawas Pembluran dan Perendaman Terhadap Kadar Air Ikan Tongkol (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang.
- Hilmayana, D., 2013. Adsorpsi Zat Warna Tekstil (Remazol Yellow FG) Menggunakan p-t-butilkaliks[4]arena yang diikatkan pada Kitosan (Skripsi). Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Ho, Y., 2006. Review of Second-Order Models for Adsorption Systems. *Journal of Zhejiang University Science* 10, 716–724.
- Ho, Y., Wang, C., 2004. Pseudo-isotherm for the Adsorption of Cadmium Ion onto Tree Fern. *Process Biochem* 39, 759–763.

- Huda, K., 2015. Kajian Adsorpsi Remazol Yellow FG oleh Montmorillonit-Kitosan (Skripsi). UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Iqbal, M., Saeed, A., 2007. Biosorption of Reactive Dye by Loofa Sponge-Immobilized Fungal Biomass of *Phanerochaete Chrysosporium*. *Process Biochem* 42, 1160–1164.
- Jain, A., Gupta, V., Bhatnagar, A., Suhas, A., 2003. Utilization of Industrial Waste Products as Adsorbents for the Removal of Dyes. *Journal of Hazardous Materials* 101, 31–42.
- Jankowska, H., Swiatkowski, A., Choma, J., 1991. *Active Carbon*. Prentic - Hall, England.
- Khasanah, E., 2009. Adsorpsi Logam Berat. *Oseana* 34, 1–7.
- Khopkar, 1985. *Basic Concept of Analytical Chemistry*. Wiley Eastern Limited, New York.
- Kirk, Orthmer, 1992. *Encyclopedia of Chemical Technology* 4th Edition. John Willey and Sons, New York.
- Koyani, R., Sharma, R., Rajput, K., 2014. Biodegradation of Synthetic Textile Dyes by Mn Dependent Peroxidase Produced by *Phanerochaete Chrysosporium*. *International Journal of Environmental Sciences* 5, 3.
- Krim, L., Sahmoune, N., Goma, B., 2006. Kinetic of Chromium Sorption on Biomass Fungi from Aqueous Solution. *Journal Environmental Sciences* 2, 31–36.
- Lacheb, H., Puzenat, E., Marie, J., 2002. Photocatalytic Degradation of Dye (Alizarin S, Crocein Orange G, Methyl Red, Congo Red, Methylen Blue) in Water by UV-Irradiated Titania. *Applied Catalysis B: Environmental* 39, 75–90.

- Lailiyah, N., Wonorahardjo, S., Joharmawan, R., 2013. Pengaruh Modifikasi Permukaan Selulosa Nata de coco dengan Anhidrida Asetat dalam Mengikat Ion Logam Berat  $\text{Cd}^{2+}$  dalam Campuran  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$  (Skripsi). Universitas Negeri Malang, Malang.
- Layuk, P., Salamba, H., Djuri, R., 2007. Perbaikan Teknologi Pengolahan Nata de Coco di Tingkat Petani. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP), Sulawesi Utara.
- Lehninger, A., 1975. The Molecular Basis of Cell Structure and Function (2nd Edition). John Wiley and Sons, New York.
- Liang, S., Guo, X., Feng, N., Tian, Q., 2010. Isotherms, Kinetics and Thermodynamic Studies of Adsorption of  $\text{Cu}^{2+}$  from Aqueous Solution by  $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+}$  Type Orange Peel Adsorbent. Journal of Hazardous Materials 174, 756–762.
- Lindu, M., Puspitasari, T., Ismi, E., 2008. Sintesis dan Uji Kemampuan Membran Selulosa Asetat dari Nata de Coco sebagai Membran Ultrafiltrasi untuk Menyisihkan Zat Warna pada Air Limbah Artifisial (Skripsi). Universitas Trisakti, Jakarta.
- Lucinaldo, S., Luciano, C., Francisco, J., Mateus, S., Josy, A., Roosevelt, D., Edson, C., 2015. Sorption of the Anionic Reactive Red RB Dye in Cellulose: Assessment of Kinetic, Thermodynamic, and Equilibrium. Open Chem 13, 801–812.
- Magriotis, Z., Carvalho, M., Sales, P., Alves, F., Resende, R., Saczk, A., 2014. Castor Bean (*Ricinus communis* L.) Presscake from Biodiesel Production: an Efficient Low Cost Adsorbent for Removal of Textile Dyes. Journal Environ. Chemical Engineering 2, 1731–1740.

- Manaf, F., 2006. Studi Degradasi Zat Warna (Senyawa Azo) dengan Metode Fotokatalitik UV dan Katalis TiO<sub>2</sub> Diimobilasi (Skripsi). Universitas Indonesia, Jakarta.
- Marsh, Harry, Rodrigues, R., Francisco, 2006. Activated Carbon. Elsevier Science & Technology Books 322, 31.
- Mezohegyi, G., Van, D., Front, J., Fortuny, A., Fabregat, 2012. Towards Advanced Aqueous Dye Removal Processes: a Short Review on the Versatile Role of Activated Carbon. Journal Environ. Manage 102, 148–164.
- Misgiyarta, 2007. Teknologi Pembuatan Nata De Coco. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor.
- Mohamed, E., Gehan, M., Nabila, M., Heba, I., Sandeep, K., Tarek, M., 2016. Kinetics, Isotherm, and Thermodynamic Studies of the Adsorption of Reactive Red 195 A Dye from Water by Modified Switchgrass Biochar Adsorbent. Chemical Engineering 12.
- Nadia, H., Cairul, M., Ishak, M., 2012. Physicochemical Properties and Characterization of Nata de Coco from Local Food Industries as a Source of Cellulose. Sains Malaysiana 41, 2.
- Pambayun, R., 2002. Teknologi Pengolahan Nata de Coco. Kanisus, Yogyakarta.
- Pavlostathis, G., 2001. Biological Decolorization and Reuse of Spent Reactive Dyebaths. Annual Report FY 1.
- Puspitasari, A., 2007. Pembuatan dan Pemanfaatan Kitosan Sulfat dari Cangkring Bekicot (*Achatina fullica*) sebagai Adsorben Zat Warna Remazol Yellow FG (Skripsi). Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

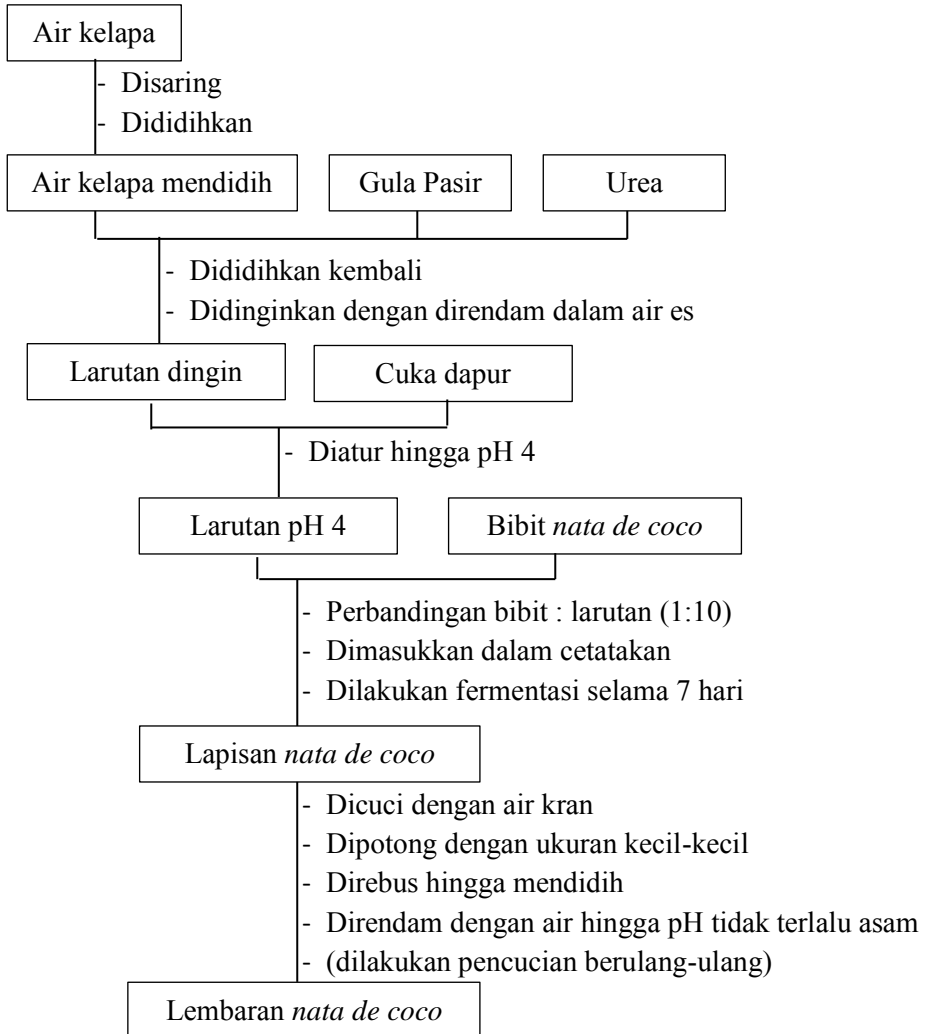
- Qiu, H., Pan, B., Zhang, Q., Zha, W., 2009. Critical review in adsorption kinetic models. *Journal of Zheijiang University Science* 10, 716–724.
- Qodri, A., 2011. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dengan Fotokatalis Komposit  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  (Skripsi). Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Rahmawati, F., Aryunami, I., Pranoto, 2003. Adsorpsi Zat Warna Tekstil Remazol Yellow FG pada Limbah Batik oleh Enceng Gondok dengan Aktivator NaOH. *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia* 2, 10–18.
- Rasjid, D., Kasoenarno, G., Astini, L., 1976. Teknologi Pengelantangan, Pencelupan dan Pencapan. Institut Teknologi Tekstil, Bandung.
- Rohman, 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Rouessac, F., Rouessac, A., 2007. *Chemical Analysis : Modern Instrumentation Methods and Techniques*. 2nd ed. John Willey and Sons Ltd, France.
- Sadewo, A., 2013. Adsorpsi Zat Warna Remazol Yellow FG Menggunakan Adsorben Kopoli(Eugenol-DVB) Terimpregnasi C-Heksil Kaliks[4]Resorsinarena (Skripsi). Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Said, N., 2010. Adsorpsi Ion Logam Cu(II) pada Zeolit yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT. IPMOMI Paiton dengan Metode Batch (Skripsi). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Salleh, M., Mahmoud, D., Karim, W., Idris, A., 2011. Cationic and Anionic Dye Adsorption by Agricultural Solid Wastes : a Comprehensive Review. *Desalination* 2800, 1

- Saragih, 2004. Membuat Nata de Coco. Puspa Swara, Jakarta.
- Silva, M., Oliveira, M., Filho, E., 2012. Adsorption of an Industrial Anionic Dye by Modified-KSF-Montmorillonite : Evluation of the Kinetic, Thermodynamic, and Equilibrium Data. Chemical Engineering 203, 259–268.
- Sulistiyan, Ulf, I., 2011. Studi Pendahuluan Adsorpsi Kation Ca dan Mg (Penyebab Kesadahan) Menggunakan Selulosa Bakterial Nata De Coco dengan Metode Batch (Skripsi). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sunarno, 2000. Kinetika Adsorpsi Logam Berat  $Pb^{2+}$  dengan Zeolit Teraktifkan (Tesis). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Susanti, L., 2006. Perbedaan Penggunaan Jenis Kulit Pisang Terhadap Kualitas Nata dengan Membandingkan Kulit Pisang Raja Nangka, Ambon Kuning dan Kepok Putih Sebagai Bahan Baku (Skripsi). Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Susanto, H., 2004. Studi Degradasi Zat Warna Tekstil (Alizarin red) Menggunakan Metode Fotokatalitik dengan Suspensi  $TiO_2$  dan Sinar UV-Visible Matahari (Skripsi). Universitas Indonesia, Jakarta.
- USDA National Nutrient Database for Research, 2004.
- Warisno, 2004. Mudah dan Praktis Membuat Nata de Coco. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Windasari, R., 2009. Adsorpsi Zat Warna Tekstil Direct Blue 86 oleh Kulit Kacang Tanah (Skripsi). Universitas Negeri Semarang, Semarang.

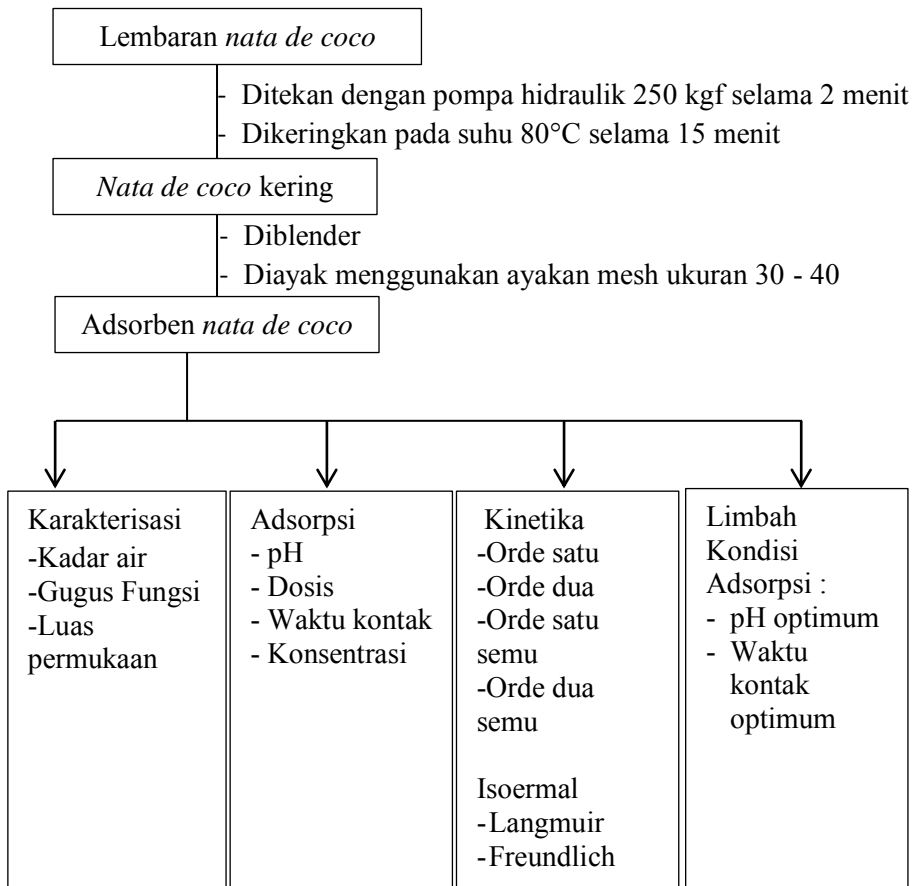
- Yagub, M., Sen, T., Afroze, S., Ang, H., 2014. Dye and Its Removal from Aqueous Solution by Adsorption: a review. *Adv. Colloid Interface Sci.*
- Yahdina, 2011. Studi Degradasi Zat Warna Tekstil Congo Red dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Suspensi  $\text{TiO}_2$  (Skripsi). Universitas Indonesia, Jakarta.
- Yusak, Y., 2010. Pembuatan Nata de Coco dengan Penambahan Vitamin C (Skripsi). Universitas Sumatera Utara, Sumatera.
- Zawani, Z., Luqman, Chuah, A., Thomas, S., Choong, 2009. Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Studies : Adsorption of Remazol Black 5 on the Palm Kernel Shell Activated Carbon (PKS-AC). *European Journal of Scientific Research* 67–76.

## LAMPIRAN A SKEMA KERJA

### A.1. Pembuatan *Nata de coco*







## LAMPIRAN B

### PEMBUATAN LARUTAN

#### **B.1. Pembuatan Larutan Induk *Remazol Yellow FG* 100 mg/L**

Larutan Induk *Remazol Yellow FG* 100 mg/L dibuat dengan cara melarutkan serbuk *Remazol Yellow FG* sebanyak 0,1001 gram dengan sedikit aqua DM di dalam gelas beker 100 mL kemudian diencerkan dalam labu ukur 1000 mL hingga tanda batas. Serbuk *Remazol Yellow FG* yang dibutuhkan dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Remazol Yellow FG 100 mg/L} &= 100 \text{ mg}/1000 \text{ mL} \\ &= 0,1000 \text{ g}/1000 \text{ mL} \end{aligned}$$

#### **B.2. Pembuatan Larutan Standar *Remazol Yellow FG***

Larutan standar dibuat dengan cara mengencerkan larutan induk *Remazol Yellow FG* 100 mg/L dengan aqua DM dalam labu ukur 10 mL. Berikut adalah contoh perhitungan dari pembuatan larutan standar *Remazol Yellow FG* 10 mg/L :

$$\begin{aligned} V1 \cdot M1 &= V2 \cdot M2 \\ V1 \cdot 100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} &= 10 \text{ mL} \cdot 10 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \\ V1 &= \frac{10 \text{ mL} \cdot 10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{100 \text{ mg/L}} \\ V1 &= 1 \text{ mL} \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama, maka volume larutan induk *Remazol Yellow FG* 100 mg/L yang dibutuhkan untuk membuat larutan standar dengan konsentrasi 0, 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 mg/L berturut-turut adalah 0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 mL.

### **B.3. Pembuatan Larutan *Remazol Yellow FG* untuk Variasi Konsentrasi**

#### **B.3.1. Pembuatan Larutan *Remazol Yellow FG* 1000 mg/L**

Larutan *Remazol Yellow FG* 1000 mg/L dibuat dengan cara melarutkan serbuk *Remazol Yellow FG* sebanyak 0,2503 gram dengan sedikit aqua DM dalam gelas beker 100 mL kemudian diencerkan dalam labu ukur 250 mL hingga tanda batas. Serbuk *Remazol Yellow FG* yang dibutuhkan dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Remazol Yellow FG 1000 mg/L} = 1000 \text{ mg/1000 mL}$$

$$= 250 \text{ mg/250 mL}$$

$$= 0,2500 \text{ g/250 mL}$$

#### **B.3.2. Pembuatan Larutan *Remazol Yellow FG* 750 mg/L**

Larutan *Remazol Yellow FG* 750 mg/L dibuat dengan cara mengencerkan 37,5 mL larutan *Remazol Yellow FG* 1000 mg/L dalam labu ukur 50 mL dengan menggunakan aqua DM. Berikut adalah perhitungan dari pembuatan larutan *Remazol Yellow FG* 750 mg/L dari larutan *Remazol Yellow FG* 1000 mg/L:

$$V1 \cdot M1 = V2 \cdot M2$$

$$V1 \cdot 1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 50 \text{ mL} \cdot 750 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$V1 = \frac{50 \text{ mL} \cdot 750 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{1000 \text{ mg/L}}$$

$$V1 = 37,5 \text{ mL}$$

#### **B.3.3. Pembuatan Larutan *Remazol Yellow FG* 500, 400, 300, dan 200 mg/L**

Larutan *Remazol Yellow FG* 500, 400, 300, dan 200 mg/L dibuat dengan cara mengencerkan larutan *Remazol Yellow FG*

1000 mg/L dalam labu ukur 50 mL dengan menggunakan aqua DM. Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama pada B.3.2, maka volume larutan *Remazol Yellow FG* 1000 mg/L yang dibutuhkan untuk membuat larutan *Remazol Yellow FG* 500, 400, 300, dan 200 mg/L berturut-turut adalah 25, 20, 15, dan 10 mL.

#### **B.3.4. Pembuatan Larutan *Remazol Yellow FG* 1500 mg/L**

Larutan *Remazol Yellow FG* 1500 mg/L dibuat dengan cara melarutkan serbuk *Remazol Yellow FG* sebanyak 0,0752 gram dengan sedikit aqua DM dalam gelas beker 100 mL kemudian diencerkan dalam labu ukur 50 mL hingga tanda batas. Serbuk *Remazol Yellow FG* yang dibutuhkan dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Remazol Yellow FG 1500 mg/L} = 1500 \text{ mg/1000 mL}$$

$$= 75 \text{ mg/50 mL}$$

$$= 0,0750 \text{ g/50 mL}$$

#### **B.4. Pembuatan Larutan HCl 0,1 N**

Diambil 0,83 mL larutan HCl 12 N dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang telah berisi aqua DM. Kemudian larutan diencerkan hingga tanda batas.

#### **B.5. Pembuatan Larutan HCl 1 N**

Diambil 8,3 mL larutan HCl 12 N dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang telah berisi aqua DM. Kemudian larutan diencerkan hingga tanda batas.

#### **B.6. Pembuatan Larutan NaOH 0,1 N**

Larutan NaOH 0,1 N dibuat dengan melarutkan 0,4005 gram padatan NaOH dengan menggunakan aqua DM, kemudian diencerkan dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas.

## LAMPIRAN C

### PANJANG GELOMBANG MAKSIMUM

#### C.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

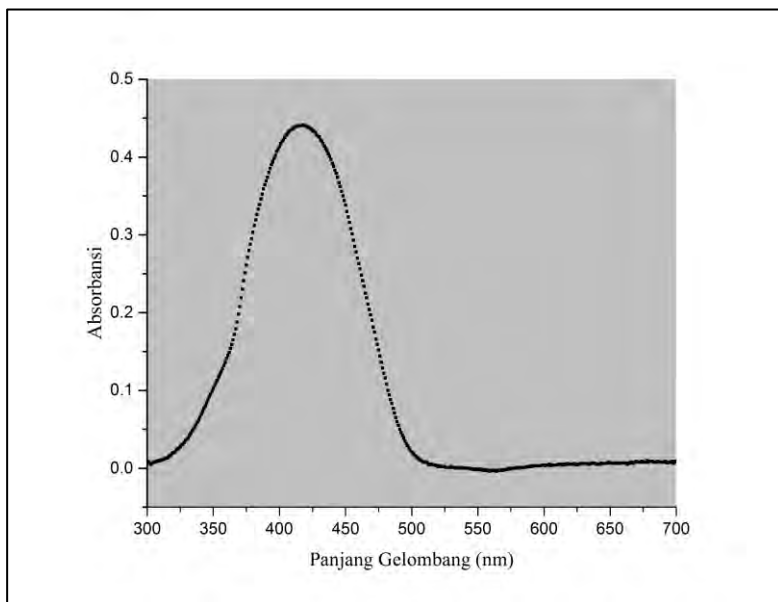
Penentuan panjang gelombang maksimum *Remazol Yellow FG* dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan *Remazol Yellow FG* 30 mg/L menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 300-700 nm (dengan range 1). Data absorbansi yang didapat sebagaimana pada Tabel C.1.

Tabel C.1. Data absorbansi *Remazol Yellow FG* pada penentuan panjang gelombang maksimum

Wavelength	Abs	Wavelength	Abs
400	0.413	416	0.44
401	0.417	417	0.44
402	0.42	418	0.441
403	0.422	419	0.44
404	0.425	420	0.44
405	0.428	421	0.439
406	0.43	422	0.438
407	0.432	423	0.437
408	0.434	424	0.436
409	0.435	425	0.434
410	0.436	426	0.433
411	0.438	427	0.432
412	0.439	428	0.429
413	0.439	429	0.427
414	0.44	430	0.426
415	0.44		

Dengan menghubungkan data panjang gelombang (sumbu-X) dan absorbansi (sumbu-Y) pada Tabel C.1 maka diperoleh Gambar

C.1. Dari Gambar C.1 diketahui panjang gelombang maksimum dari larutan *Remazol Yellow FG* adalah 418 nm dengan absorbansi sebesar 0,441. Panjang gelombang maksimum tersebut digunakan untuk semua pengukuran dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.



Gambar C.1. Panjang gelombang maksimum *Remazol Yellow FG*

Panjang gelombang maksimum *Remazol Yellow FG* komersial yang didapatkan dalam penelitian ini hampir sama dengan panjang gelombang maksimum *Remazol Yellow FG* komersial yang didapatkan oleh Faqih (2010), Fitria et al., (2012), dan Koyani et al., (2014) yakni berturut-turut sebesar 416,40 nm, 416 nm, dan 422 nm.

## LAMPIRAN D

### KURVA KALIBRASI

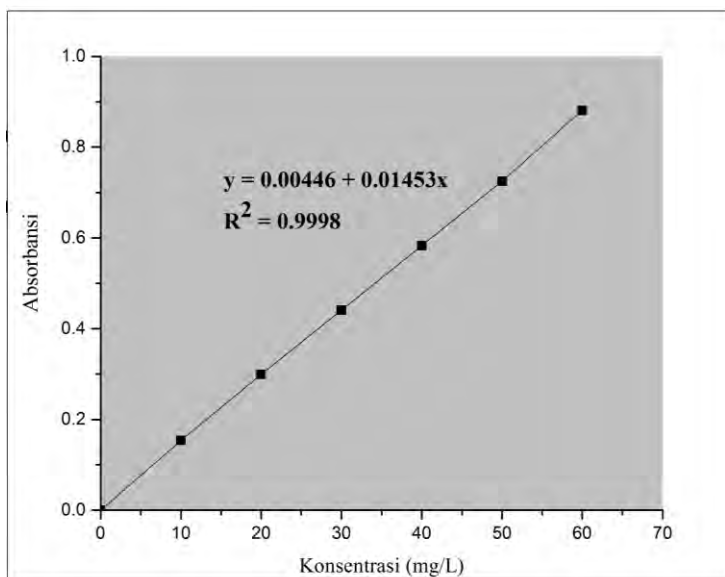
#### D.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi larutan *Remazol Yellow FG* merupakan kurva yang menghubungkan antara konsentrasi beberapa larutan standar *Remazol Yellow FG* dengan absorbansi yang diperoleh dari pengukuran menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 418 nm.

Tabel D.1. Data absorbansi *Remazol Yellow FG*

Konsentrasi Larutan Standar <i>Remazol Yellow FG</i> (mg/L)	Absorbansi
0	0,000
10	0,154
20	0,299
30	0,441
40	0,583
50	0,725
60	0,881

Dengan menghubungkan data konsentrasi (sumbu x) dan absorbansi (sumbu y) pada Tabel D.1 maka akan diperoleh grafik dengan persamaan garis yang terdapat pada Gambar D.1. Persamaan yang diperoleh adalah  $y = 0,01453x + 0,00446$  dengan  $R^2 = 0,9998$ . Persamaan tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung konsentrasi *Remazol Yellow FG* pada proses adsorpsi.



Gambar D.1. Kurva kalibrasi *Remazol Yellow FG*



## LAMPIRAN E

### ANALISA DATA HASIL ADSORPSI

#### E.1 Perhitungan Konsentrasi *Remazol Yellow FG* pada Proses Adsorpsi

Konsentrasi *Remazol Yellow FG* pada filtrat hasil adsorpsi dihitung dengan menggunakan persamaan yang terdapat pada Gambar D.1. Persamaan yang digunakan adalah  $y = 0,01453x + 0,00446$ . Absorbansi yang diperoleh dari hasil uji spektrofotometer UV-Vis dimasukkan pada persamaan tersebut sebagai  $y$ . selanjutnya akan diperoleh nilai  $x$  sebagai konsentrasi *Remazol Yellow FG*.

Pada proses adsorpsi variasi pH diperoleh data absorbansi sebesar 0,478 untuk pH 1. Nilai absorbansi ini selanjutnya dimasukkan ke dalam persamaan sebagai berikut:

$$y = 0,01453x + 0,00446$$

$$0,478 = 0,01453x + 0,00446$$

$$0,478 - 0,00446 = 0,01453x$$

$$x = \frac{0,478 - 0,00446}{0,01453}$$

$$x = 32,591 \text{ mg/L}$$

Nilai  $x$  yang diperoleh disebut dengan konsentrasi *Remazol Yellow FG* terukur ( $C_{\text{terukur}}$ ). Karena pada percobaan terdapat beberapa kondisi yang memerlukan pengenceran, maka untuk mencari konsentrasi *Remazol Yellow FG* sisa ( $C_{\text{sisa}}$ ) digunakan rumus:

$$C_{\text{sisa}} = C_{\text{terukur}} \times \text{Faktor Pengenceran (FP)}$$

Karena pada pH 1 tidak dilakukan pengenceran filtrat, maka  $C_{\text{sisa}} = C_{\text{terukur}} = 32,591 \text{ mg/L}$ .

Kemudian dihitung konsentrasi *Remazol Yellow FG* yang teradsorpsi ( $C_{\text{teradsorp}}$ ) dari larutan Remzol Yellow FG awal yang terukur setelah pengaturan pH 50,209 mg/L (untuk pH 1) dengan cara:

$$\begin{aligned} C_{\text{teradsorp}} &= C_{\text{awal}} - C_{\text{sisia}} \\ &= 50,209 \text{ mg/L} - 32,591 \text{ mg/L} \\ &= 17,618 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

## **E.2 Perhitungan % Teradsorpsi Larutan *Remazol Yellow FG***

Cara untuk mengetahui % teradsorpsi dari larutan *Remazol Yellow FG* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ teradsorpsi} &= \frac{C_{\text{teradsorpsi}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\% \\ &= \frac{17,618 \text{ mg/L}}{50,209 \text{ mg/L}} \times 100\% \\ &= 35,091\% \end{aligned}$$

Perhitungan  $C_{\text{sisia}}$  dan % teradsorpsi untuk seluruh proses adsorpsi dapat dilihat pada Tabel E.1; E.2; E.3; dan E.4.

## **E.3 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi Larutan *Remazol Yellow FG***

Kapasitas adsorpsi dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} q &= \frac{C_{\text{teradsorpsi}}}{\text{massa}} \times \text{volume} \\ &= \frac{17,618 \text{ mg/L}}{0,1000 \text{ g}} \times 0,015 \text{ L} \\ &= 2,643 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas adsorpsi *Remazol Yellow FG* untuk seluruh proses adsorpsi dapat dilihat pada Tabel E.5; E.6; E.7; dan E.8.

Tabel E.1. Data hasil adsorpsi pengaruh pH

pH	C <sub>awal</sub> setelah pengaturan pH	Absorbansi	C <sub>terukur</sub> (mg/L)	FP	C <sub>sisia</sub> (mg/L)	C <sub>teradsorpsi</sub> (mg/L)	%Adsorpsi	%Adsorpsi rata-rata
1,04	50,209	0,478	32,591	-	32,591	17,619	35,091	35,913
		0,466	31,765	-	31,765	18,445	36,735	
2,00	79,359	0,068	4,373	-	4,373	74,986	94,489	94,620
		0,065	4,167	-	4,167	75,192	94,750	
3,00	95,188	0,314	21,303	-	21,304	73,884	77,619	77,367
		0,321	21,785	-	21,785	73,403	77,113	
4,00	98,629	0,688	47,043	2	94,087	4,542	4,605	4,815
		0,685	46,837	2	93,674	4,955	5,024	
5,00	94,913	0,669	45,736	2	91,471	3,441	3,626	3,843
		0,666	45,529	2	91,058	3,854	4,061	
6,00	95,738	0,685	46,837	2	93,674	2,065	2,157	1,797
		0,690	47,181	2	94,362	1,376	1,438	
7,05	96,151	0,672	45,942	2	91,884	4,267	4,438	4,008
		0,678	46,355	2	92,710	3,441	3,579	

Lanjutan Tabel E.1.

pH	C <sub>awal</sub> setelah pengaturan pH	Absorbansi	C <sub>terukur</sub> (mg/L)	FP	C <sub>sisia</sub> (mg/L)	C <sub>teradsorpsi</sub> (mg/L)	%Adsorpsi	%Adsorpsi rata-rata
8,00	94,362	0,681	46,562	2	93,123	1,239	1,313	1,094
		0,684	46,768	2	93,536	0,826	0,875	
9,01	96,840	0,705	48,213	2	96,427	0,413	0,426	0,284
		0,707	48,351	2	96,702	0,138	0,142	
10,03	92,435	0,674	46,080	2	92,160	0,275	0,298	0,223
		0,675	46,149	2	92,297	0,138	0,149	

Tabel E.2. Data Hasil adsorpsi pengaruh dosis adsorben

m (g)	Absorbansi	C <sub>terukur</sub> (mg/L)	FP	C <sub>sisia</sub> (mg/L)	C <sub>teradsorpsi</sub> (mg/L)	%Teradsorpsi	%Terdsorpsi rata-rata
0,0100	0,583	39,817	2	79,634	13,627	14,612	14,833
	0,580	39,610	2	79,221	14,040	15,055	
0,0500	0,372	25,295	-	25,295	67,966	72,877	73,061
	0,367	24,951	-	24,951	68,310	73,246	
0,1000	0,113	7,470	-	7,470	85,791	91,990	91,916
	0,115	7,608	-	7,608	85,653	91,843	
0,1500	0,130	8,640	-	8,640	84,621	90,736	90,920
	0,125	8,296	-	8,296	84,965	91,105	
0,2000	0,133	8,847	-	8,847	84,414	90,514	90,514
	0,133	8,847	-	8,847	84,414	90,514	
0,2500	0,159	10,636	-	10,636	82,625	88,596	88,522
	0,161	10,774	-	10,774	82,487	88,448	
0,3000	0,160	10,705	-	10,705	82,556	88,522	88,448
	0,162	10,842	-	10,842	82,419	88,374	
Cawal terukur setelah pengaturan pH 93,261 mg/L							

Tabel E.3. Data hasil adsorpsi pengaruh waktu kontak

Waktu Kontak (menit)	Absorbansi	C <sub>terukur</sub> (mg/L)	FP	C <sub>sisia</sub> (mg/L)	C <sub>teradsorpsi</sub> (mg/L)	% Teradsorpsi	% Terdsorpsi rata-rata
15	0,505	34,449	-	34,449	55,921	61,880	62,223
	0,496	33,829	-	33,829	56,541	62,566	
30	0,199	13,389	-	13,389	76,981	85,184	86,251
	0,171	11,462	-	11,462	78,908	87,317	
45	0,113	7,470	-	7,470	82,900	91,734	91,658
	0,115	7,608	-	7,608	82,762	91,582	
60	0,096	6,300	-	6,300	84,070	93,029	92,229
	0,117	7,745	-	7,745	82,625	91,429	
75	0,116	7,677	-	7,677	82,693	91,505	91,467
	0,117	7,745	-	7,745	82,625	91,429	
90	0,119	7,883	-	7,883	82,487	91,277	91,315
	0,118	7,814	-	7,814	82,556	91,353	
C <sub>awal</sub> terukur setelah pengaturan pH 90,370 mg/L, massa adsorben 0,1000 gram							

Tabel E.4. Data hasil adsorpsi pengaruh konsentrasi

<b>C<sub>awal</sub></b> <b>(mg/L)</b>	<b>Absorbansi</b>	<b>C<sub>terukur</sub></b> <b>(mg/L)</b>	<b>FP</b>	<b>C<sub>sis</sub></b> <b>(mg/L)</b>	<b>C<sub>teradsorpsi</sub></b> <b>(mg/L)</b>	<b>%</b> <b>Teradsorpsi</b>	<b>% Terdsorpsi</b> <b>rata-rata</b>
90,370	0,096	6,300	-	6,300	84,070	93,029	92,229
	0,117	7,745	-	7,745	82,625	91,429	
200,117	0,452	30,801	-	30,801	169,316	84,608	85,382
	0,407	27,704	-	27,704	172,413	86,156	
320,399	0,607	41,469	2	82,937	237,462	74,114	73,835
	0,620	42,363	2	84,727	235,672	73,556	
418,128	0,458	31,214	5	156,070	262,058	62,674	62,098
	0,472	32,178	5	160,888	257,240	61,522	
528,933	0,366	24,882	10	248,823	280,110	52,958	52,697
	0,370	25,158	10	251,576	277,357	52,437	
759,174	0,687	46,975	10	469,745	289,429	38,124	38,441
	0,680	46,493	10	464,928	294,246	38,759	
932,608	0,744	50,897	12,5	636,218	296,390	31,781	31,689
	0,746	51,035	12,5	637,939	294,670	31,596	



Lanjutan Tabel E.4

<b>C<sub>awal</sub></b> <b>(mg/L)</b>	<b>Absorbansi</b>	<b>C<sub>terukur</sub></b> <b>(mg/L)</b>	<b>FP</b>	<b>C<sub>sisia</sub></b> <b>(mg/L)</b>	<b>C<sub>teradsorpsi</sub></b> <b>(mg/L)</b>	<b>%</b> <b>Teradsorpsi</b>	<b>%</b> <b>Terdsorpsi</b> <b>rata-rata</b>
1509,085	0,709	48,489	25	1212,220	296,869	19,672	19,615
	0,710	48,557	25	1213,940	295,148	19,558	

Tabel E.5. Kapasitas adsorpsi *nata de coco* terhadap pengaruh pH

pH	C <sub>awal</sub> setelah pengaturan pH	m <sub>adsorben</sub> (g)	Absorbansi	C <sub>terukur</sub> (mg/L)	FP	C <sub>sisia</sub> (mg/L)	C <sub>teradsorpsi</sub> (mg/L)	q (mg/g)	q rata- rata (mg/g)
1,04	50,209	0,1000	0,478	32,591	-	32,591	17,619	2,643	2,705
			0,466	31,765	-	31,765	18,445	2,766	
2,00	79,359	0,1000	0,068	4,373	-	4,373	74,986	11,249	11,264
			0,065	4,167	-	4,167	75,192	11,279	
3,00	95,188	0,1000	0,314	21,303	-	21,304	73,884	11,082	11,046
			0,321	21,785	-	21,785	73,403	11,010	
4,00	98,629	0,1000	0,688	47,043	2	94,087	4,542	0,681	0,712
			0,685	46,837	2	93,674	4,955	0,743	
5,00	94,913	0,1000	0,669	45,736	2	91,471	3,441	0,516	0,547
			0,666	45,529	2	91,058	3,854	0,578	
6,00	95,738	0,1001	0,685	46,837	2	93,674	2,065	0,309	0,259
			0,690	47,181	2	94,362	1,376	0,206	

Lanjutan Tabel E.5

pH	C <sub>awal</sub> setelah pengaturan pH	m <sub>adsorben</sub> (g)	Absorbansi	C <sub>terukur</sub> (mg/L)	FP	C <sub>sisia</sub> (mg/L)	C <sub>teradsorpsi</sub> (mg/L)	q (mg/g)	q rata- rata (mg/g)
7,05	96,151	0,1001	0,672	45,942	2	91,884	4,267	0,639	0,578
			0,678	46,355	2	92,710	3,441	0,516	
8,00	94,362	0,1001	0,681	46,562	2	93,123	1,239	0,186	0,155
			0,684	46,768	2	93,536	0,826	0,124	
9,01	96,840	0,1000	0,705	48,213	2	96,427	0,413	0,062	0,041
			0,707	48,351	2	96,702	0,138	0,021	
10,03	92,435	0,1001	0,674	46,080	2	92,160	0,275	0,041	0,031
			0,675	46,149	2	92,297	0,138	0,021	

Tabel E.6. Kapasitas adsorpsi *nata de coco* terhadap pengaruh dosis adsorben

m (g)	Absorbansi	C <sub>terukur</sub> (mg/L)	FP	C <sub>sis</sub> (mg/L)	C <sub>teradsorpsi</sub> (mg/L)	q (mg/g)	q rata-rata (mg/g)
0,0100	0,583	39,817	2	79,634	13,627	20,441	20,750
	0,580	39,610	2	79,221	14,040	21,060	
0,0500	0,372	25,295	-	25,295	67,966	20,390	20,441
	0,367	24,951	-	24,951	68,310	20,493	
0,1000	0,113	7,470	-	7,470	85,791	12,869	12,858
	0,115	7,608	-	7,608	85,653	12,848	
0,1500	0,130	8,640	-	8,640	84,621	8,462	8,479
	0,125	8,296	-	8,296	84,965	8,497	
0,2000	0,133	8,847	-	8,847	84,414	6,331	6,331
	0,133	8,847	-	8,847	84,414	6,331	
0,2500	0,159	10,636	-	10,636	82,625	4,958	4,953
	0,161	10,774	-	10,774	82,487	4,949	
0,3000	0,160	10,705	-	10,705	82,556	4,128	4,124
	0,162	10,842	-	10,842	82,419	4,121	

Tabel E.7. Kapasitas adsorpsi *nata de coco* terhadap pengaruh waktu kontak

Waktu Kontak (menit)	m adsorben (g)	Absorbansi	C <sub>terukur</sub> (mg/L)	FP	C <sub>sisia</sub> (mg/L)	C <sub>teradsorpsi</sub> (mg/L)	q (mg/g)	q rata-rata (mg/g)
15	0,1001	0,505	34,449	-	34,449	55,921	8,380	8,426
		0,496	33,829	-	33,829	56,541	8,473	
30	0,1001	0,199	13,389	-	13,389	76,981	11,536	11,680
		0,171	11,462	-	11,462	78,908	11,824	
45	0,1001	0,113	7,470	-	7,470	82,900	12,423	12,412
		0,115	7,608	-	7,608	82,762	12,402	
60	0,1001	0,096	6,300	-	6,300	84,070	12,598	12,490
		0,117	7,745	-	7,745	82,625	12,381	
75	0,1001	0,116	7,677	-	7,677	82,693	12,392	12,386
		0,117	7,745	-	7,745	82,625	12,381	
90	0,1000	0,119	7,883	-	7,883	82,487	12,373	12,378
		0,118	7,814	-	7,814	82,556	12,383	
C <sub>awal</sub> terukur setelah pengaturan pH 90,370 mg/L								

Tabel E.8. Kapasitas adsorpsi *nata de coco* terhadap pengaruh konsentrasi

$C_{awal}$ (mg/L)	m adsorben (g)	Absorbansi	$C_{terukur}$ (mg/L)	FP	$C_{sisa}$ (mg/L)	$C_{teradsorpsi}$ (mg/L)	q (mg/g)	q rata-rata (mg/g)
90,370	0,1001	0,096	6,300	-	6,300	84,070	12,598	12,490
		0,117	7,745	-	7,745	82,625	12,381	
200,117	0,1001	0,452	30,801	-	30,801	169,320	25,372	25,604
		0,407	27,704	-	27,704	172,410	25,836	
320,399	0,1000	0,607	41,469	2	82,937	237,460	35,619	35,485
		0,620	42,363	2	84,727	235,670	35,351	
418,128	0,1000	0,458	31,214	5	156,070	262,060	39,309	38,947
		0,472	32,178	5	160,888	257,240	38,586	
528,933	0,1001	0,366	24,882	10	248,823	280,110	41,975	41,768
		0,370	25,158	10	251,576	277,360	41,562	
759,174	0,1000	0,687	46,975	10	469,745	289,430	43,414	43,776
		0,680	46,493	10	464,928	294,250	44,137	
932,608	0,1000	0,744	50,897	12,5	636,218	296,390	44,459	44,330
		0,746	51,035	12,5	637,939	294,670	44,201	

Lanjutan Tabel E.8

$C_{awal}$ (mg/L)	m adsorben (g)	Absorbansi	$C_{terukur}$ (mg/L)	FP	$C_{sis}$ (mg/L)	$C_{teradsorpsi}$ (mg/L)	q (mg/g)	q rata- rata (mg/g)
1509,085	0,1001	0,709	48,489	25	1212,220	296,870	44,486	44,357
		0,710	48,557	25	1213,940	295,150	44,228	

## LAMPIRAN F

### KINETIKA ADSORPSI

#### F.1 Perhitungan Orde Satu Semu

Perhitungan orde satu semu menggunakan data hasil adsorpsi pada variasi waktu kontak yang terdapat pada lampiran E. Data yang digunakan adalah  $C_{\text{sisia}}$  saat waktu  $t$  yang dirata-rata sebagai  $C_t$  dan  $C_{\text{sisia}}$  saat kesetimbangan yang dirata-rata sebagai  $C_e$  pada penelitian ini terjadi pada waktu kontak 60 menit.

Pada proses adsorpsi dengan waktu kontak 15 menit pada 15 mL larutan *Remazol Yellow FG* 90,370 mg/L diperoleh data  $C_{\text{sisia}}$  sebesar 34,449 mg/L dan 33,829 mg/L sehingga diperoleh  $C_t$  sebesar 34,139 mg/L.  $C_e$  sebesar 7,023 mg/L. kemudian dihitung jumlah *Remazol Yellow FG* yang teradsorpsi ke dalam adsorben pada waktu  $t$  ( $q_t$ ) dengan persamaan:

$$\begin{aligned} q_t &= \frac{(C_0 - C_t) \times V}{m} \\ &= \frac{(90,370 - 34,139) \text{ mg/L} \times 0,015 \text{ L}}{0,1001 \text{ g}} \\ &= 8,426 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Dihitung juga jumlah konsentrasi *Remazol Yellow FG* saat kesetimbangan ( $q_e$ ) dengan persamaan:

$$\begin{aligned} q_e &= \frac{(C_0 - C_e) \times V}{W} \\ &= \frac{(90,370 - 7,023) \text{ mg/L} \times 0,015 \text{ L}}{0,1001 \text{ g}} \\ &= 12,490 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung nilai ( $q_e - q_t$ ) dan  $\log (q_e - q_t)$

$$\begin{aligned} q_e - q_t &= (12,490 - 8,426) \text{ mg/g} & \log (q_e - q_t) &= \log 4,064 \\ &= 4,064 \text{ mg/g} & &= 0,609 \end{aligned}$$

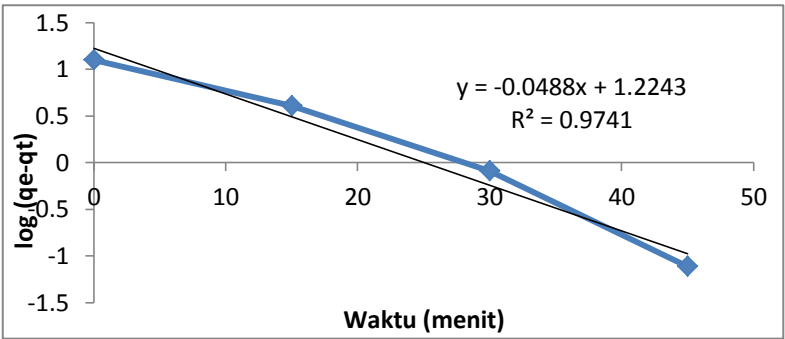


Perhitungan dilakukan pada variasi waktu lainnya sehingga diperoleh hasil perhitungan yang terdapat pada Tabel F.1.

Tabel F.1. Data hasil orde satu semu

Waktu Kontak (menit)	m adsorben (g)	C <sub>t</sub> (mg/g)	q <sub>t</sub> (mg/g)	q <sub>e</sub> (mg/g)	q <sub>e</sub> - q <sub>t</sub> (mg/g)	log (q <sub>e</sub> - q <sub>t</sub> )
0	0,0000	90,370	0,000	12,490	12,490	1,097
15	0,1001	34,139	8,426	12,490	4,063	0,609
30	0,1001	12,426	11,680	12,490	0,810	-0,092
45	0,1001	7,539	12,412	12,490	0,077	-1,112
60	0,1001	7,023	12,490	12,490	-0,000	#NUM!
75	0,1001	7,711	12,386	12,490	0,103	-0,987
90	0,1000	7,849	12,378	12,490	0,111	-0,953

Kemudian diplotkan waktu kontak sebagai sumbu x dengan data log q<sub>e</sub>-q<sub>t</sub> pada Tabel F.1 sebagai sumbu y menjadi sebuah grafik pada Gambar F.1.



Gambar F.1. Grafik orde satu semu adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben *nata de coco*

Dari grafik F.1 pada Gambar F.1 diperoleh persamaan  $y = -0,0488x + 1,2243$  yang selanjutnya dimasukkan ke persamaan:

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k}{2,303} t$$

Sehingga diperoleh nilai  $q_e$  dan  $k$  sebesar:

$$\begin{aligned} \log q_e &= 1,2243 & \frac{-k}{2,303} &= -0,0488 \\ q_e &= 16,761 \text{ mg/g} & k &= 0,112 \text{ menit}^{-1} \end{aligned}$$

## F.2 Perhitungan Orde Dua Semu

Perhitungan orde dua semu menggunakan data  $q_t$  yang telah diperoleh pada Tabel F.1 yang akan dibagi dengan  $t$  (waktu). Pada proses adsorpsi dengan waktu kontak 15 menit diperoleh nilai  $q_t$  sebesar 8.426 mg/g, maka nilai  $t/q_t$  adalah:

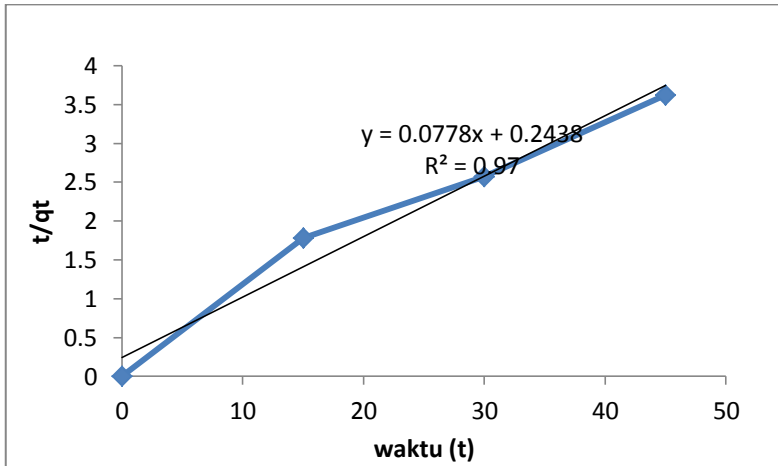
$$\begin{aligned} \frac{t}{q_t} &= \frac{15}{8.426} \\ &= 1,780 \end{aligned}$$

Perhitungan tersebut dilakukan pada seluruh variasi waktu kontak sehingga diperoleh data yang ditunjukkan oleh Tabel F.2.

Tabel F.2. Data hasil orde dua semu

t (menit)	t/ $q_t$
0	tak terdefinisi
15	1,780
30	2,568
45	3,625
60	4,804
75	6,055
90	7,271

Data pada Tabel F.2 diplotkan menjadi sebuah grafik yang terdapat pada Gambar F.2 berikut:



Gambar F.2. Grafik orde dua semu adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben *nata de coco*

Persamaan garis yang diperoleh pada grafik F.2 yaitu  $y = 0,0778x + 0,2438$  dimasukkan ke dalam persamaan:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

Sehingga dapat diperoleh nilai  $q_e$  dan  $k$  sebesar:

$$\frac{1}{q_e} = 0,0778$$

$$q_e = 12,853 \text{ mg/g}$$

$$\frac{1}{k q_e^2} = 0,2438$$

$$\frac{1}{k (12,853)^2} = 0,2438$$

$$\frac{1}{165,1996 k} = 0,2438$$

$$\frac{1}{k} = 0,0248 \text{ g/mg.menit}$$

### F.3 Perhitungan Orde Satu dan Orde Dua

Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai  $1/C_t$  dan  $\ln C_t$ , dengan  $C_t$  merupakan konsentrasi yang terdapat pada Tabel F.1. Pada proses adsorpsi dengan waktu kontak 15 menit pada 15 mL larutan *Remazol Yellow FG* diperoleh data  $C_t$  sebesar 34.139 mg/L, maka diperoleh:

$$\begin{aligned}\frac{1}{C_t} &= \frac{1}{34,139} & \ln C_t &= \ln 34,139 \\ &= 0,029 & &= 3,530\end{aligned}$$

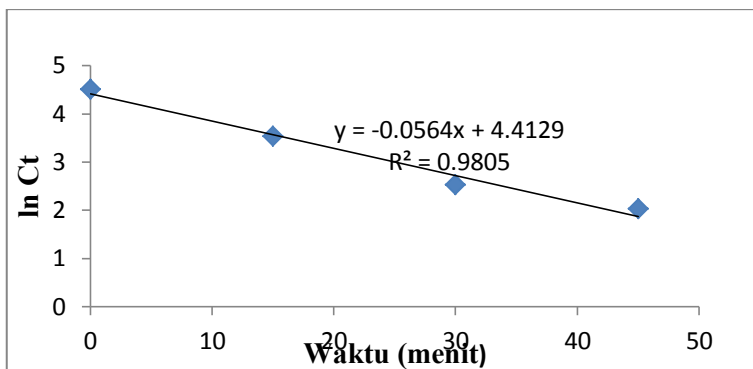
Perhitungan tersebut dilakukan pada seluruh variasi waktu kontak sehingga diperoleh data sebagaimana terdapat pada Tabel F.3.

Tabel F.3. Data perhitungan kinetika orde satu dan orde dua

t (menit)	$C_t$	$\ln C_t$	$1/C_t$
0	90,370	4,504	0,011
15	34,139	3,530	0,029
30	12,426	2,520	0,080
45	7,539	2,020	0,133
60	7,023	1,949	0,142
75	7,711	2,043	0,130
90	7,849	2,060	0,127

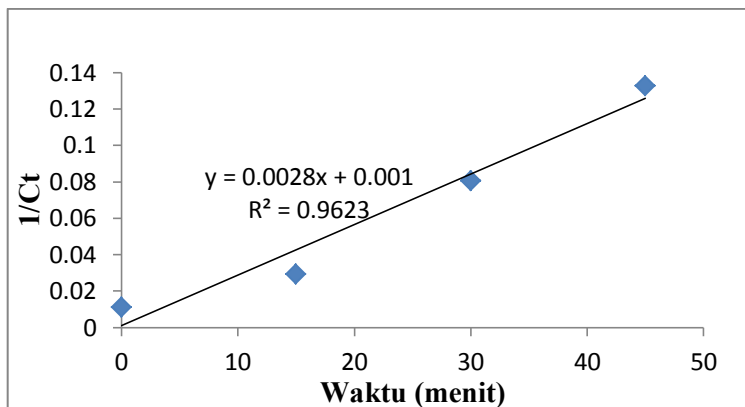
Grafik orde satu didapatkan dengan memplotkan data pada Tabel F.3 dengan waktu sebagai sumbu x dan nilai  $\ln C_t$  sebagai sumbu y sebagaimana terdapat pada Gambar F.3.

Persamaan garis yang diperoleh pada Gambar F.3 yaitu  $y = -0,0564x + 4,4129$ . Berdasarkan persamaan (2.8) maka diperoleh nilai k sebesar 0,0564.



Gambar F.3. Grafik orde satu adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben *nata de coco*

Grafik yang dibuat dengan memplotkan waktu sebagai sumbu x dan nilai  $1/C_t$  sebagai sumbu y menghasilkan grafik orde dua.



Gambar F.4. Grafik orde dua adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben *nata de coco*

Persamaan garis yang diperoleh pada grafik F.4 yaitu  $y = 0,0023x + 0,0172$ . Berdasarkan persamaan (2.11), maka diperoleh nilai  $k$  sebesar 0,0028.

## LAMPIRAN G

### PENENTUAN WAKTU KESETIMBANGAN ADSORPSI

Penentuan waktu kesetimbangan diperoleh dari hasil adsorpsi pengaruh waktu kontak yang memberikan data bahwa adsorpsi optimum pada menit ke-60. Penentuan menit ke-60 sebagai waktu kesetimbangan dilakukan dengan uji T yang sebelumnya dilakukan uji F terlebih dahulu.

Tabel G.1. Uji F waktu kontak 45 menit dan 60 menit

	<i>Variable 1</i>	<i>variable 2</i>
<i>Mean</i>	82,831	83,3475
<i>Variance</i>	0,009522	1,0440125
<i>Observation</i>	2	2
Df	1	1
$F_{hitung}$		109,6421
$P(F_{hitung} \leq F_{Tabel})$		0,0606
$F_{Tabel}$		161,4476

Dari Tabel G.1 diperoleh nilai  $F_{hitung}$  sebesar 109,6421 yang nilainya lebih kecil dari nilai  $F_{Tabel}$  ( $F_{1,1}$ ) sebesar 161,4476 ( $F_{hitung} < F_{Tabel}$ ) dengan  $P = 0,05$ , maka  $H_0$  diterima dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara waktu kontak 45 menit dan 60 menit pada proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben *nata de coco*.

Tabel G.2. Uji t waktu kontak 45 menit dan 60 menit

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
<i>Mean</i>	82,831	83,3475
<i>Variance</i>	0,009522	1,0440125
<i>Observations</i>	2	2
<i>Pooled variance</i>		0,52676725
<i>Hypothesized mean difference</i>		0
<i>Df</i>		2
$t_{hitung}$		-0,9805
$P(t_{hitung} \leq t_{Tabel} \text{ 1 sisi})$		0,2151
$t_{Tabel} \text{ 1 sisi } (P=0,05)$		2,9199
$P(t_{hitung} \leq t_{Tabel} \text{ 2 sisi})$		0,4302
$t_{Tabel} \text{ 2 sisi } (P=0,05)$		4,3026

Dari Tabel G.2 diperoleh nilai  $|t_{hitung}|$  sebesar 0.9805 yang lebih kecil dari  $t_{Tabel}$  sebesar 2,9199 (satu sisi) dan 4,3026 (dua sisi) dengan  $P = 0,05$ , maka  $H_0$  diterima dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara waktu kontak 45 menit dan 60 menit pada proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben *nata de coco*.

Tabel G.3. Uji F waktu kontak 60 dan 75 menit

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
<i>Mean</i>	83,3475	82,659
<i>Variance</i>	1,044012	0,002312
<i>Observations</i>	2	2
<i>Df</i>	1	1
$F_{hitung}$		0,00221
$P(f_{hitung} \leq f_{Tabel})$		0,97006
$F_{Tabel}$		161,4476

Dari Tabel G.3 diperoleh nilai  $F_{hitung}$  sebesar 0,00221 yang nilainya lebih kecil dari nilai  $F_{Tabel}$  ( $F_{1,1}$ ) sebesar 161,4476 ( $F_{hitung} < F_{Tabel}$ ) dengan  $P = 0,05$ , maka  $H_0$  diterima dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara waktu kontak 60 menit dan 75 menit pada proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben *nata de coco*.

Tabel G.4. Uji t waktu kontak 60 menit dan 75 menit

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
<i>Mean</i>	83,3475	82,659
<i>Variance</i>	1,0440125	0,002312
<i>Observations</i>	2	2
<i>Pooled variance</i>		0,523162
<i>Hypothesized mean difference</i>		0
<i>Df</i>		2
$t_{hitung}$		1,3160
$P(t_{hitung} \leq t_{Tabel} \text{ 1 sisi})$		0,1594
$t_{Tabel} \text{ 1 sisi } (P = 0,05)$		2,9199
$P(t_{hitung} \leq t_{Tabel} \text{ 2 sisi})$		0,3188
$t_{Tabel} \text{ 2 sisi } (P=0,05)$		4,3027

Dari Tabel G.4 diperoleh nilai  $|t_{hitung}|$  sebesar 1,3160 yang lebih kecil dari  $t_{Tabel}$  sebesar 2,9199 (satu sisi) dan 4,3026 (dua sisi) dengan  $P = 0,05$ , maka  $H_0$  diterima dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara waktu kontak 60 menit dan 75 menit pada proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben *nata de coco*.



## LAMPIRAN H

### PENENTUAN KONSENTRASI KESETIMBANGAN ADSORPSI

Penentuan konsentrasi kesetimbangan diperoleh dari hasil adsorpsi variasi konsentrasi yang memberikan data bahwa adsorpsi optimum pada konsentrasi 1509,085 mg/L. Penentuan konsentrasi 1509,085 mg/L sebagai konsentrasi kesetimbangan dilakukan dengan uji T yang sebelumnya dilakukan uji F terlebih dahulu.

Tabel H.1. Uji F konsentrasi 759,174 mg/L dan 932,608 mg/L

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
<i>Mean</i>	291,8375	295,530
<i>Variance</i>	11,60174	1,4792
<i>Observation</i>	2	2
df	1	1
$F_{hitung}$		0,1275
$P(F_{hitung} \leq F_{Tabel})$		0,7817
$F_{Tabel}$		161,4476

Dari Tabel H.1 diperoleh nilai  $F_{hitung}$  sebesar 0,1275 yang nilainya lebih kecil dari nilai  $F_{Tabel}$  ( $F_{1,1}$ ) sebesar 161,4476 ( $F_{hitung} < F_{Tabel}$ ) dengan  $P = 0,05$ , maka  $H_0$  diterima dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi 759,174 mg/L dan 932,608 mg/L pada proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben *nata de coco*.

Tabel H.2. Uji t konsentrasi 759,174 mg/L dan 932,608 mg/L

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
<i>Mean</i>	291,8375	295,530
<i>Variance</i>	11,60174	1,4792
<i>Observations</i>	2	2
<i>Pooled variance</i>		6,54047225
<i>Hypothesized mean difference</i>		0
<i>Df</i>		2
<i>t<sub>hitung</sub></i>		-0,5646
<i>P (t<sub>hitung</sub> ≤ t<sub>Tabel</sub> 1 sisi)</i>		0,3146
<i>t<sub>Tabel</sub> 1 sisi (P=0,05)</i>		2,9199
<i>P (t<sub>hitung</sub> ≤ t<sub>Tabel</sub> 2 sisi)</i>		0,6292
<i>t<sub>Tabel</sub> 2 sisi (P=0,05)</i>		4,3026

Dari Tabel H.2 diperoleh nilai  $|t_{hitung}|$  sebesar 0,5646 yang lebih kecil dari  $t_{Tabel}$  sebesar 2,9199 (satu sisi) dan 4,3026 (dua sisi) dengan  $P = 0,05$ , maka  $H_0$  diterima dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi 759,174 mg/L dan 932,608 mg/L pada proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben *nata de coco*.

Tabel H.3 Uji F konsentrasi 932,608 mg/L dan 1509,085 mg/L

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
<i>Mean</i>	295,53	296,0085
<i>Variance</i>	1,4792	1,480921
<i>Observation</i>	2	2
<i>df</i>	1	1
<i>F<sub>hitung</sub></i>		1,0012
<i>P(F<sub>hitung</sub> ≤ F<sub>Tabel</sub>)</i>		0,4998
<i>F<sub>Tabel</sub></i>		161,4476

Dari Tabel H.3 diperoleh nilai  $F_{hitung}$  sebesar 1,0012 yang nilainya lebih kecil dari nilai  $F_{Tabel}$  ( $F_{1,1}$ ) sebesar 161,4476 ( $F_{hitung} < F_{Tabel}$ ) dengan  $P = 0,05$ , maka  $H_0$  diterima dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi 932,608 mg/L dan 1509,085 mg/L pada proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben *nata de coco*.

Tabel H.4. Uji t konsentrasi 932,608 mg/L dan 1509,085 mg/L

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
<i>Mean</i>	295,53	296,0085
<i>Variance</i>	1,4792	1,480921
<i>Observations</i>	2	2
<i>Pooled variance</i>		1,48006025
<i>Hypothesized mean difference</i>		0
<i>Df</i>		2
$t_{hitung}$		-0,3233
$P(t_{hitung} \leq t_{Tabel} \text{ 1 sisi})$		0,3886
$t_{Tabel} \text{ 1 sisi } (P=0,05)$		2,9199
$P(t_{hitung} \leq t_{Tabel} \text{ 2 sisi})$		0,7771
$t_{Tabel} \text{ 2 sisi } (P=0,05)$		4,3026

Dari Tabel H.4 diperoleh nilai  $|t_{hitung}|$  sebesar 0,3233 yang lebih kecil dari  $t_{Tabel}$  sebesar 2,9199 (satu sisi) dan 4,3026 (dua sisi) dengan  $P = 0,05$ , maka  $H_0$  diterima dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi 932,608 mg/L dan 1509,085 mg/L pada proses adsorpsi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan adsorben *nata de coco*.

## LAMPIRAN I

### ADSORPSI ISOTERMAL

Perhitungan adsorpsi isothermal Freundlich dan Langmuir menggunakan data hasil adsorpsi pada variasi konsentrasi yang terdapat pada lampiran E. Data yang digunakan adalah konsentrasi awal ( $C_0$ ) dan  $C_{\text{sisia}}$  yang dirata-rata sebagai konsentrasi saat kesetimbangan ( $C_e$ ).

Pada proses adsorpsi dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) larutan *Remazol Yellow FG* 90,370 mg/L diperoleh data  $C_{\text{sisia}}$  sebesar 6,300 mg/L dan 7,745 mg/L sehingga diperoleh  $C_e$  sebesar 7,022 mg/L. Nilai  $C_e$  kemudian digunakan untuk menghitung nilai  $q_e$  dengan rumus:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m}$$

$$q_e = \frac{(90,370 - 7,022) \text{ mg/L} \times 0,015 \text{ L}}{0,1001 \text{ g}}$$

$$q_e = 12,490 \text{ mg/g}$$

selanjutnya dihitung nilai  $1/C_e$ ,  $\log C_e$ ,  $1/q_e$ , dan  $\log q_e$ .

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{7,022} = 0,1424$$

$$\log C_e = \log 7,022 = 0,846$$

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{12,490} = 0,080$$

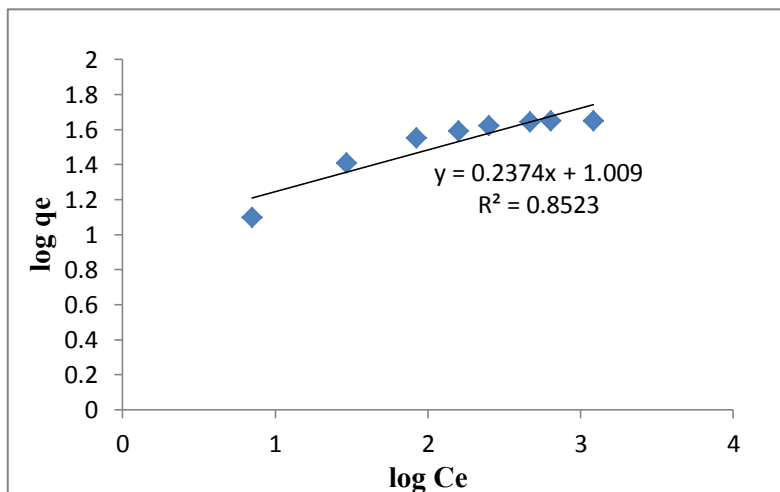
$$\log q_e = \log 12,490 = 1,097$$

Perhitungan dilakukan pada variasi konsentrasi lainnya sehingga diperoleh hasil perhitungan yang terdapat pada Tabel I.1.

Tabel I.1. Data adsorpsi isothermal

$C_0$ (mg/L)	$C_e$ (mg/L)	$q_e$ (mg/g)	$\log C_e$	$\log q_e$	$1/C_e$	$1/q_e$
90,370	7,022	12,490	0,846	1,097	0,1424	0,080
200,117	29,252	25,604	1,466	1,408	0,0342	0,039
320,399	83,832	35,485	1,923	1,550	0,0119	0,028
418,128	158,479	38,947	2,200	1,590	0,0063	0,026
528,933	250,199	41,768	2,398	1,621	0,0040	0,024
759,174	467,336	43,776	2,670	1,641	0,0021	0,023
932,608	637,078	44,330	2,804	1,647	0,0016	0,023
1509,085	1213,076	44,357	3,084	1,647	0,0008	0,023

Berdasarkan data pada Tabel I.1 dapat dibuat kurva adsorpsi isothermal Freundlich seperti pada Gambar I.1, dimana nilai  $\log C_e$  sebagai sumbu-X dan  $\log q_e$  sebagai sumbu-Y.



Gambar I.1. Kurva adsorpsi isothermal Freundlich dari adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben *nata de coco*

Berdasarkan persamaan linear yang diperoleh dari Gambar I.1, dapat dihitung nilai konstanta Freundlich (KF) dengan perhitungan sebagai berikut:

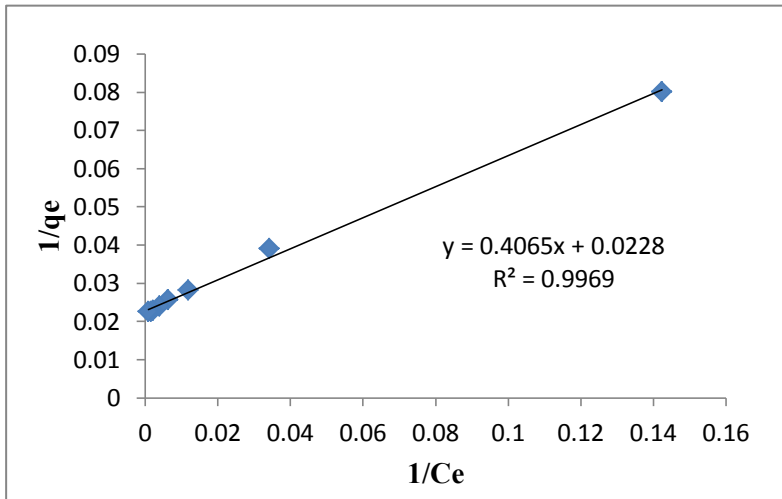
$$y = 0,2374x + 1,0090$$

$$\log qe = \frac{1}{n} \log Ce + \log KF$$

$$\frac{1}{n} = 0,2374$$

$$\log KF = 1,0090 \text{ sehingga } K_F = 10,209 \text{ L/g}$$

Dari Tabel I.1 juga dapat dibuat kurva adsorpsi isothermal Langmuir seperti pada Gambar I.2 dimana  $1/C_e$  sebagai sumbu-X, dan  $1/q_e$  sebagai sumbu-Y.



Gambar I.2. Kurva adsorpsi isothermal Langmuir dari adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben *nata de coco*

Dari Gambar I.2 didapatkan persamaan liner yang dapat digunakan untuk menghitung konstanta Langmuir dengan perhitungan sebagai berikut:

$$y = 0,4065x + 0,0228$$

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{K_L} + \frac{1}{K_L b C_e}$$

$$\frac{1}{K_L} = 0,0228 \text{ Sehingga, } K_L = 43,860 \text{ L/mg}$$

Setelah didapatkan nilai  $K_L$ , maka nilai  $b$  dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{1}{K_L b} = 0,4065$$

$$\frac{1}{43,860} = b \times 0,4065$$

$$0,0228 = b \times 0,4065$$

$$b = 0,056 \text{ mg/g}$$

**LAMPIRAN J**  
**ANALISA REMAZOL YELLOW FG DALAM LIMBAH**  
**BATIK TULIS**

**J.1 Analisa Remazol Yellow FG sebelum Proses Adsorpsi**

Tabel J.1. Hasil analisa *Remazol Yellow FG* dalam limbah sebelum adsorpsi

A	FP	Cawal	pH
0,650	25	1110,702	10,44

**J.2 Analisa Remazol Yellow FG setelah Proses Adsorpsi**

Tabel J.2. Hasil analisa % adsorpsi *Remazol Yellow FG* dalam limbah setelah adsorpsi

pH	A	FP	C <sub>sisia</sub> (mg/L)	C <sub>teradsorp</sub> (mg/L)	% Adsorpsi	%Adsorpsi rata-rata
10,44	0,644	25	1100,379	10,323	0,929	0,542
	0,649	25	1108,981	1,721	0,155	
2,03	0,599	20	818,362	292,340	26,320	26,506
	0,596	20	814,233	296,469	26,692	

Tabel J.3. Hasil analisa kapasitas adsorpsi *Remazol Yellow FG* oleh adsorben *nata de coco* dalam limbah setelah adsorpsi

pH	C <sub>teradsorp</sub> (mg/L)	q (mg/g)	q rata-rata (mg/g)
10,44	10,323	1,548	0,903
	1,721	0,258	
2,03	292,340	43,851	44,161
	296,469	44,470	



## LAMPIRAN K

### KARATERISASI ADSORBEN *NATA DE COCO*

#### K.1. Kadar Air

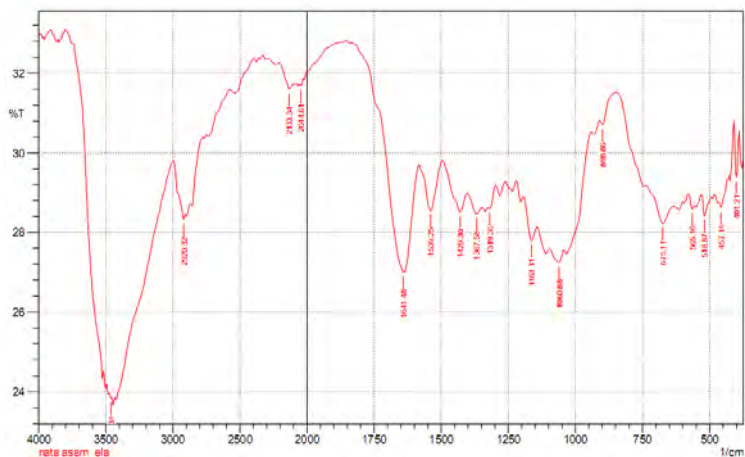
Massa awal *nata de coco* adalah massa yang diperoleh setelah proses fermentasi. Pada pengukuran kadar air *nata de coco* digunakan massa sampel basah sebesar 526,53 gram. Setelah proses pengepresan dan pengovenan selama  $\pm 15$  menit pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  diperoleh massa *nata de coco* yang kering dan konstan yang disebut sebagai massa akhir, yaitu sebesar 3,72 gram. Maka kadar air *nata de coco* adalah :

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air (\%)} &= \frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100\% \\ &= \frac{(526,53 - 3,72) \text{ gram}}{526,53 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 99,293 \%\end{aligned}$$

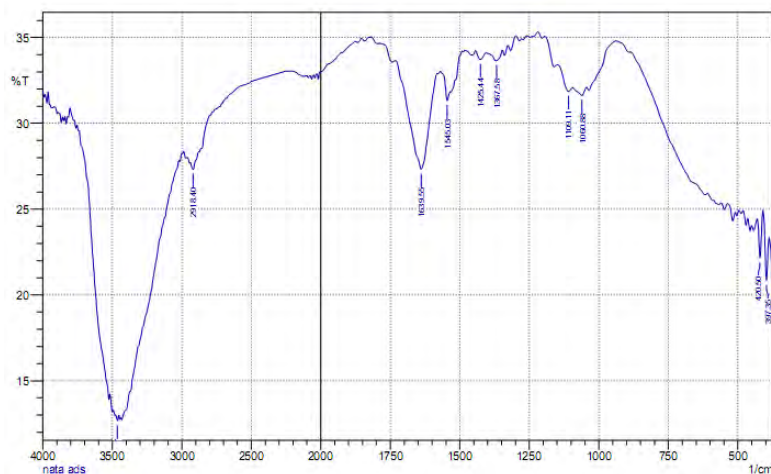
Selanjutnya untuk analisa kadar air adsorben *nata de coco* dilakukan pengovenan kembali adsorben *nata de coco* dengan massa awal 3,01 gram pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 60 menit. Kemudian adsorben *nata de coco* ditimbang kembali dan didapatkan massa akhir yang telah konstan yaitu sebesar 2,99 gram. Maka kadar air dari adsorben *nata de coco* adalah :

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air (\%)} &= \frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100\% \\ &= \frac{(3,01 - 2,99) \text{ gram}}{3,01 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 0,664 \%\end{aligned}$$

## K.2. Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR



Gambar K.1. Spektra FTIR adsorben *nata de coco* sebelum adsorpsi.



Gambar K.2. Spektra FTIR Adsorben *nata de coco* sesudah adsorpsi

Tabel K.1. Hasil FTIR selulosa *nata de coco* sebelum dan setelah adsorpsi

No.	Sebelum		Setelah	
	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	I	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	I
1	401,21	29,388	397,35	20,839
2	457,14	28,633	420,50	22,165
3	1060,88	27,251	1060,88	31,637
4	1163,11	27,797	1109,11	31,847
5	1367,58	28,471	1367,58	33,653
6	1429,30	28,526	1425,44	33,724
7	1539,25	28,553	1545,03	31,324
8	1641,48	27,005	1639,55	27,322
9	2920,32	28,328	2918,40	27,316
10	3462,34	23,834	3464,27	12,660

## K.3 HASIL ANALISA DISTRIBUSI UKURAN PORI

### BJH Adsorption

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction  
for NOVA instruments

©1994-2007, Quantachrome Instruments  
version 10.01

Sample Desc: serbuk  
Sample weight: 0.11082 g  
Outgas Time: 3.0 hrs  
Analysis gas: Nitrogen  
Press. Tolerance: 0.050/2.000 (ads/des)  
Equil time: 60/60 sec (ads/des)  
Equil timeout: 120/120 sec (ads/des)  
End of run: 2016/05/10 1:17:39

Sample Volume: 0 cc  
OutgasTemp: 300.0 C  
Bath Temp: 77.3 K

Analysis Time: 200.7 min  
Instrument: Nova Station A  
Cell ID: 26  
t-Method Calc. method: de Boer  
BJH/DH method Moving pt. avg.: off Ignoring P-tags below 0.35 P/Po  
Adsorbate Nitrogen Temperature 77.350K  
Molec. Wt.: 28.013 g Cross Section: 16.200 Å<sup>2</sup> Liquid Density: 0.808 g/cc  
Contact Angle: 0.0 degrees Surf. Tension: 8.850 erg/cm<sup>2</sup>

diameter (nm)	Pore Volume (cc/g)	pore Surf. Area (m <sup>2</sup> /g)	dV(d) cc/nm/g	dS(d) m <sup>2</sup> /nm/g	dV(logd) cc/g	dS(logd) cc/g
3.0873	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3.442	1.14E-03	1.32E+00	3.06E-03	3.56E+00	2.42E-02	2.82E+01
3.8586	1.14E-03	1.32E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4.6926	1.14E-03	1.32E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6.2579	1.14E-03	1.32E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
7.971	1.14E-03	1.32E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
9.8088	1.14E-03	1.32E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
12.586	2.21E-03	1.66E+00	3.17E-04	1.01E-01	9.12E-03	2.90E+00
18.0849	2.21E-03	1.66E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
33.4992	2.21E-03	1.66E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
71.8349	2.21E-03	1.66E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

### **BJH adsorption summary**

Surface Area = 1.662 m<sup>2</sup>/g

Pore Volume = 0.002 cc/g

Pore Diameter D<sub>v</sub>(d) = 3.442 nm

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Lailatul Maghfiroh dilahirkan di Lamongan, Jawa Timur, pada tanggal 07 Maret 1994. Anak ke-tiga dari lima bersaudara yang dilahirkan dari pasangan Zuhri dan Qomariyah ini telah menempuh pendidikan di TK ABA (1998-2000), MIM 13 Sendangagung (2000-2006), SMPM 12 Paciran (2006-2009), dan MA Al Ishlah (2009-2012). Saat menempuh pendidikan di MA Al Ishlah penulis.

mendapatkan ranking 1 dari kelas X sampai kelas XII baik untuk pelajaran kepondokan maupun umum hingga penulis mendapatkan predikat lulusan terbaik kedua di MA Al Ishlah. Selain itu penulis mendapatkan juara 3 Olimpiade Sains Nasional (OSN) tingkat KKM MAN Lamongan untuk bidang Matematika (2011), dan juara harapan 1 Olimpiade Mata Pelajaran Ujian Nasional (UN) Madrasah Aliyah (MA) Se Wilayah Kerja Eks Karesidenan Bojonegoro untuk mata pelajaran Kimia (2012). Penulis melanjutkan pendidikan di jurusan Kimia FMIPA ITS melalui jalur Program Beasiswa Santri Berprestasi (PBSB) yang diselenggarakan oleh Kementerian Agama RI dengan NRP 1412100701. Selama mengikuti pendidikan di Kimia FMIPA ITS, organisasi yang diikuti oleh penulis adalah *Chemistry Islamic Studies* (CIS) sebagai staf departemen PPSDI (2013), CSSMoRA ITS sebagai Staf Departemen Edukasi dan Kesejahteraan Mahasantri (2013), Sekretaris Umum CSSMoRA ITS 2014/2015, dan Dewan Penasehat & Perwakilan Anggota CSSMoRA ITS 2015/2016. Saat ini penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir di bidang Kimia Analitik dibawah bimbingan Dra.Ita Ulfen, M.Si dan Drs. Hendro Juwono, M.Si selama 8 semester. Penulis dapat dihubung melalui email [lmaghfiroh03@gmail.com](mailto:lmaghfiroh03@gmail.com).